(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2023 002 719 T5** 2025.04.17

(12) # Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/248670**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 002 719.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/018941**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.05.2023**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.12.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **17.04.2025**

(51) Int Cl.: ***H01L 23/31*** (2006.01)
H01L 21/56 (2006.01)
H10D 64/60 (2025.01)

(30) Unionspriorität:
2022-100048 **22.06.2022** **JP**

(71) Anmelder:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Diehl & Partner Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mbB, 80636 München, DE

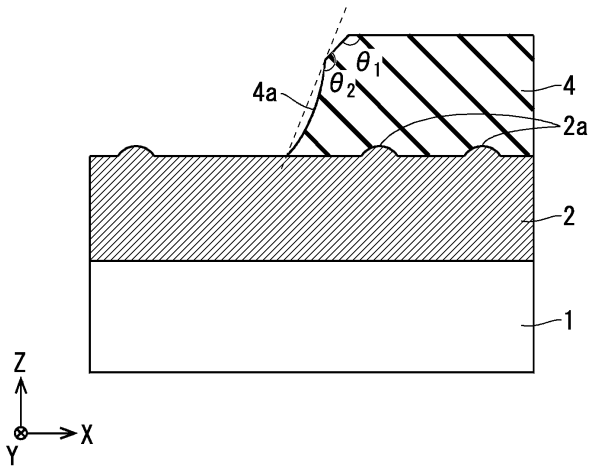
(72) Erfinder:
Nakata, Kazunari, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauteil, Stromwandlervorrichtung und Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils**

(57) Zusammenfassung: Eine in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarte Technologie ist eine Technologie zum Erhöhen der Zuverlässigkeit eines Halbleiterbauteils. Ein eine in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarte Technologie betreffendes Halbleiterbauteil beinhaltet: eine Halbleiterschicht; eine erste, einen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht bedeckende Elektrodenschicht; und einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm. Ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms ist kleiner als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarte Technologie betrifft eine Technologie zum Erhöhen der Zuverlässigkeit eines Halbleiterbauteils.

Stand der Technik

[0002] Beispielsweise wird ein in Druckschrift 1 beschriebenes Halbleiterbauteil, insbesondere ein Leistungs-Halbleiterbauteil wie ein IGBT (insulated gate bipolar transistor), MOSFET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor), oder eine SBD (Schottky barrier diode) weithin als Gleichrichterschaltung eines Industriemotors oder Automobilmotors, einer Stromversorgungs-Vorrichtung eines leistungsfähigen Servers, oder als Halbleiterschalter einer Vorrichtung zur permanenten Stromversorgung eingesetzt. In den letzten Jahren wurde die Stromdichte eines Halbleiterbauteils erhöht, das Halbleiterbauteil somit verkleinert (downsized), und die Herstellungskosten des Halbleiterbauteils wurden verringert.

Dokumente des Standes der Technik

Patentliteratur

[0003] Patentliteratur 1: offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. 2017 - 50 358

Kurzdarstellung

Von der Erfindung zu lösende Aufgabe

[0004] Wenn sich die Stromdichte des Halbleiterbauteils erhöht, erhöht sich im Betrieb auch die Temperatur der es bildenden Elemente, womit sich eine Temperaturdifferenz zwischen Betrieb und Nicht-Betrieb erhöht. Somit kann ein Ablösen oder Riss in einem Schutz-Isolierfilm auftreten, der zur Sicherstellung der Isoliereigenschaften der Isolierung vom Äußeren des Halbleiterbauteils bei Spannungen aufgrund von Wärmeausdehnung und Wärmeschrumpfung, verursacht von einem Unterschied im linearen Ausdehnungskoeffizienten jedes Bauelements, und zwar von einer Elektrodenschicht oder einem Formharz, das den das Halbleiterbauteil bildenden Schutz-Isolierfilm umgibt. In diesem Fall gibt es das Problem, dass die Isoliereigenschaften des Halbleiterbauteils ungenügend sind und die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauteils beeinträchtigt ist.

[0005] Die in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarte Technologie dient daher dazu, die oben beschriebenen Probleme zu lösen, und es ist Aufgabe, eine Technologie zur Erhöhung der Zuverlässigkeit eines Halbleiterbauteils bereitzustellen.

Mittel zur Lösung der Aufgabe

[0006] Ein Halbleiterbauteil gemäß einem ersten Aspekt einer in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarte Technologie beinhaltet: eine Halbleiterschicht; eine erste, einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckenden Elektrodenschicht; und einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

Wirkungen der Erfindung

[0007] Gemäß wenigstens dem ersten Aspekt der in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarten Technologie ist die Verbindung zu einem Bauelement an einem unteren Teil des Schutz-Isolierfilms steifer als eine Verbindung zu einem Bauelement an einem oberen Teil des Schutz-Isolierfilms, womit ein Ablösen des Schutz-Isolierfilms im Betrieb unterdrückt werden kann. Gemäß einer solchen Konfiguration vermag die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauteils erhöht zu werden.

[0008] Diese und andere Aufgaben, Merkmale, Aspekte und Vorteile betreffend die in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarten Technologie werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der vorliegenden Erfindung, in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen, deutlicher werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration eines Halbleiterbauteils zeigt, das nach einem in einer Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellt wurde.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des Halbleiterbauteils zeigt, das nach dem in der Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellt wurde.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des Halbleiterbauteils zeigt, das nach dem in der Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellt wurde.

Fig. 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen einer SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen des SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 9 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 11 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 13 ist ein Diagramm, das eine vergrößerte Konfiguration einer Vorderseiten-Elektrode des Halbleiterbauteils und eine Region nahe dem Schutz-Isolierfilm gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 14 ist ein Diagramm, das eine Definition eines arithmetischen Mittenrauwerts zeigt.

Fig. 15 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Verhältnis eines arithmetischen Mittenrauwerts von Ober- und Unterseiten des Schutz-Isolierfilms und einer Ablöserate des Schutz-Isolierfilms zeigt, nachdem ein Leistungszyklentest einhunderttausendmal durchgeführt worden ist.

Fig. 16 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Winkel einer Ecke und einer Auftretensrate eines Risses in einem Fall zeigt, dass das Verhältnis des arithmetischen Mittenrauwerts von Ober- und Unterseiten des Schutz-Isolierfilms 0,7 beträgt, mit einem Fokus auf derjenigen Ecke mit dem kleinsten Winkel bei den an Endbereichen der Oberseite des Schutz-Isolierfilms gebildeten Ecken.

Fig. 17 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des nach dem in der Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 18 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des nach dem in der Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 19 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des nach dem in der Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 20 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Verfahrens zum Herstellen der SiC-SBD gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel einer Struktur des Halbleiterbauteils zeigt, bei dem ein Verfahren bis zum Schritt ST06 in **Fig.** 20 ausgeführt worden ist.

Fig. 22 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel von Plattier-Vorbearbeitung und Plattierbearbeitung zeigt.

Fig. 23 ist ein Flussdiagramm, das ein Modifikationsbeispiel von Zinkat-Bearbeitung zeigt.

Fig. 24 ist ein Flussdiagramm, das ein Modifikationsbeispiel der Zinkat-Bearbeitung zeigt.

Fig. 25 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur des Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 26 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur des Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 27 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur des Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 28 ist ein Diagramm, das ein Beispiel einer Struktur des Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 29 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Unterschied zwischen einer Grenzfläche Vorderseiten-Elektrode/Vorderseiten-Elektrode und einer Grenzfläche Vorderseiten-Elektrode/Schutz-Isolierfilm und einer Ausschussrate nach einem Zusammenbau-Test zeigt.

Fig. 30 ist ein Diagramm, das schematisch eine Konfiguration eines Stromwandlersystems zeigt, das mit einer Stromwandlervorrichtung gemäß der Ausführungsform ausgerüstet ist.

Fig. 31 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des durch das in der Ausführungsform beschriebene Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 32 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des durch das in der Ausführungsform beschriebene Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Fig. 33 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des durch das in der Ausführungsform beschriebene Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigt.

Beschreibung der Ausführungsform(en)

[0009] Nachfolgend wird eine Ausführungsform unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Detaillierte Merkmale werden nachfolgend auch zur Erläuterung einer Technologie in der Ausführungsform beschrieben, sind allerdings nur beispielhaft, und somit nicht immer nötig, um die Ausführungsform zu implementieren.

[0010] Die Diagramme sind schematisch gezeigt, somit wurde Weglassen oder Vereinfachen der Konfiguration an den Diagrammen vorgenommen, zur Verdeutlichung. Eine gegenseitige Beziehung von Größen oder Positionen von den in den Diagrammen gezeigten Konfigurationen ist nicht notwendigerweise genau gezeigt, sondern kann in geeigneter Weise geändert werden. Eine Schraffur beispielsweise ebenso in einer Aufsicht gezeigt sein, wie eine Querschnittsansicht, um den Gehalt einer Ausführungsform leicht zu verstehen.

[0011] In der nachfolgenden Beschreibung werden gleiche Bezugszeichen an ähnliche Bauelemente in der Darstellung vergeben, und dasselbe gilt für ihre Bezeichnungen und Funktionen. Demgemäß kann ihre genaue Beschreibung in einigen Fällen weggelassen sein, um Wiederholungen zu vermeiden.

[0012] Wo es in der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung eine Beschreibung von „umfassend“, „beinhaltend“ ein gewisses Bauelement oder „mit“ einem gewissen Bauelement gibt, gibt eine solche Beschreibung keinen ausschließenden Ausdruck an, der andere Bauelemente ausschließt, wenn nichts anderes angegeben ist.

[0013] Selbst wo in der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung Ordinalzahlen wie „erste“ oder „zweite“ angegeben sind, dienen diese Ausdrücke dem erleichterten Verständnis von Ausführungsformen, und daher sind die Ausführungsformen nicht auf eine Reihenfolge begrenzt, die durch die Ordinalzahlen bewirkt sein möchte.

[0014] Wo es in der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung einen Ausdruck wie „positive ...Achsenrichtung“ oder „negative ...Achsenrichtung“ gibt, gibt er an, dass eine Richtung entlang eines Pfeils einer dargestellten ...Achse eine positive Richtung ist, und eine Richtung entgegen dem Pfeil der dargestellten ...Achse eine negative Richtung ist.

[0015] In der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung beinhalten die eine Gleichheit angebenden Ausdrücke wie beispielsweise „dasselbe“, „gleich“, „gleichförmig“, „homogen“ solche, die exakte Gleichheit angeben, und solche, die einen Unterschied innerhalb einer Toleranz oder dem Grad, dass ähnliche Funktionen erhalten werden können.

[0016] Selbst wo in der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung Ausdrücke verwendet werden, die eine spezifische Position und Richtung angeben, wie „obere“, „untere“, „links“, „rechts“, „Seite“, „Boden“, „vorne“ oder „hinten“ angegeben sind, dienen diese Ausdrücke der Bequemlichkeit halber dem erleichterten Verständnis von Gehalten von Ausführungsformen, und sind daher für die Positionen oder Richtungen in der praktischen Implementierung der Ausführungsformen irrelevant.

[0017] Wo in der Beschreibung in der Darstellung der vorliegenden Anmeldung „eine Oberseite von ...“ oder „eine Unterseite von ...“ beschrieben ist, beinhaltet dies einen Zustand, bei dem ein anderes Bauelement auf der Oberseite bzw. der Unterseite eines Ziel-Bauelements angeordnet ist, zusätzlich zu der Oberseite selbst oder der Unterseite selbst des Ziel-Bauelements. Das soll heißen, wenn es eine Beschreibung „B ist bereitgestellt auf der Oberseite von A“ gibt, ist beispielsweise nicht ausgeschlossen, dass zwischen A und B noch ein anderes Bauelement C vorhanden ist.

< Erste Ausführungsform >

[0018] Nachfolgend werden ein Halbleiterbauteil und ein Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

<Konfiguration des Halbleiterbauteils>

[0019] **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 3 sind Diagramme, die jedes schematisch ein Beispiel einer Konfiguration eines nach dem in der vorliegenden Ausführungsform beschriebenen Herstellverfahren hergestelltes Halbleiterbauteil zeigen. **Fig.** 1 zeigt ein Beispiel einer SiC-SBD (Schottky barrier diode).

[0020] **Fig.** 1 zeigt eine Aufsicht der SiC-SBD. Wie in **Fig.** 1 gezeigt, ist eine Vorderseiten-Elektrode 2 in einer leitfähigen Region in der Mitte gebildet, und um die Vorderseiten-Elektrode 2 herum ist ein Schutz-Isolierfilm 4 gebildet, zur Sicherstellung isolierender Eigenschaften der Isolation gegenüber einer Region um die Vorderseiten-Elektrode 2 herum.

[0021] **Fig.** 2 ist eine Querschnittsansicht entsprechend einem A-A'-Querschnitt wie in **Fig.** 1 durch eine gestrichelte Linie angezeigt. Der Strom fließt in

Fig. 2 in einer Z-Achsen-Richtung in einem Vorne-Hinten-Leitungstyp-Leistungs-Halbleiterbauteil. Die Vorderseiten-Elektrode 2 ist auf einer Oberseite eines Halbleitersubstrats 1 bereitgestellt, und eine Hinterseiten-Elektrode 3 ist auf einer Unterseite des Halbleitersubstrats 1 bereitgestellt. Dann werden sowohl die Vorderseiten-Elektrode 2 als auch die Hinterseiten-Elektrode 3 mit geeigneten Mitteln wie beispielsweise einem Draht oder Lot nach außerhalb verdrahtet. Ein Schutz-Isolierfilm 4 wird auf einem Außenumfangsteil der Vorderseiten-Elektrode 2 bereitgestellt, um einen Isolierungsfehler des Halbleiterbauteils aufgrund elektrischer Entladung in einem Außenumfangsteil eines Chips zu unterdrücken.

[0022] **Fig.** 3 ist eine vergrößerte Ansicht einer in **Fig.** 2 durch eine gestrichelte Linie umrandeten Region. Die Vorderseiten-Elektrode 2 ist auf der Oberseite des Halbleitersubstrats 1 gebildet, und ferner ist der Schutz-Isolierfilm 4 auf einer Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 gebildet. Ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 ist kleiner als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2 (das heißt, einer Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4). Mehrere Ecken sind einem oberen Ende des Schutz-Isolierfilms 4 verliehen.

<Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils>

[0023] **Fig.** 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Prozesses der Herstellung einer SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. **Fig.** 5 bis **Fig.** 12 sind Querschnittsansichten, die jeweils ein Beispiel des Prozesses der Herstellung der SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigen. Der Prozess der Herstellung der SiC-SBD wird nun genauer unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 bis **Fig.** 12 beschrieben.

[0024] Wie in **Fig.** 5 gezeigt, wird, nachdem eine Drift-Schicht 6 aus einem n-Typ-SiC als epitaktischer Film einer ersten Schicht auf einer ersten Hauptfläche (nachfolgend als Vorderseite bezeichnet) gebildet wurde, die auf einem n-Typ-SiC-Substrat 5 an einer Seite einer positiven Z-Achsen-Richtung angeordnet ist, eine Drift-Schicht 7 als epitaktischer Film einer zweiten Schicht gebildet, um in Kontakt mit einer Oberseite der Drift-Schicht 6 zu treten, und zwar nach einem epitaktischen Kristallwachstumsverfahren bei einer Wachstumstemperatur, die unterhalb der Wachstumstemperatur der Drift-Schicht 6 liegt (entsprechend Schritt ST01 in **Fig.** 4).

[0025] Danach wird, wie in **Fig.** 6 gezeigt, ein Zwischen-Schicht-Isolierfilm 8 auf einer Oberseite der Drift-Schicht 7 gebildet, und zwar nach einem Abscheidungsverfahren wie einem Thermisches-Oxidieren-Verfahren oder einer chemischen Dampf-Abscheidung (chemical vapor deposition).

[0026] Danach wird, wie in **Fig.** 7 gezeigt, nachdem eine Maske aus beispielsweise einem Resist (nicht in **Fig.** 7 gezeigt) mittels Photolithographie gebildet wurde, der Zwischen-Schicht-Isolierfilm 8 in einer unnötigen Region beispielsweise mittels Trockenätzen durch Plasma oder Nassätzen mit einer Wirkstofflösung entfernt, und ferner wird die oben beschriebene Maske durch beispielsweise Plasma-Veraschung oder Nassbearbeitung entfernt.

[0027] In der dem Zwischen-Schicht-Isolierfilm 8 zugewandten Drift-Schicht 7 ist durch geeignetes Implantieren und Aktivieren von Ionen mittels Bor (B) oder Aluminium (Al) als p-Typ-Dotierung und Phosphor (P) oder Stickstoff (N) als n-Typ-Dotierung eine Dotierschicht gebildet, um die gewünschte Belastungsspannung der SiC-SBD zu erhalten.

[0028] Als Nächstes wird geeignetes Nassbearbeiten mit Fluorwasserstoffsäure an der Drift-Schicht 7 ausgeführt, oder die Drift-Schicht 7 wird in geeigneter Weise mit einer Verbund-Flüssigkeit von Ammoniak und Wasserstoffperoxid-Wasser, einer Verbund-Flüssigkeit von Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid-Wasser oder einer Verbund-Flüssigkeit von Salzsäure und Wasserstoffperoxid-Wasser gewaschen, und dann wird eine Schottky-Elektroden-Schicht 9 in Kontakt mit der Drift-Schicht 7 gebildet (entsprechend Schritt ST02 in **Fig.** 4).

[0029] Dabei können beispielsweise Titan (Ti), Nickel (Ni), Iridium (Ir) oder Platin (Pt) geeigneterweise als das Elektrodenmaterial gewählt werden. Danach wird das in einem redundanten Teil der Außenumfangsregion gebildete Elektrodenmaterial durch Bemustern mittels Photolithographie und Ätzen mittels Plasma oder einer Wirkstofflösung entfernt, und thermisches Bearbeiten wird nach Bedarf durchgeführt, um eine zuverlässige elektrische Verbindung zwischen der Drift-Schicht 7 und der Schottky-Elektroden-Schicht 9 zu erhalten. Gemäß solch einem Prozess wird die in **Fig.** 8 gezeigte Querschnittsstruktur erhalten.

[0030] Als Nächstes wird, wie in **Fig.** 9 gezeigt, die Vorderseiten-Elektrode 2 nach einem Sputter-Verfahren oder einem Dampfabscheidungs-Verfahren mittels beispielsweise Aluminium, Aluminiumlegierung aus Aluminium und Silicium, oder Nickel gebildet. Danach wird die Vorderseiten-Elektrode 2 teilweise durch Bemustern mittels Photolithographie und Ätzen mittels Plasma oder einer Wirkstofflösung entfernt. Danach können auf der Oberfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 konkav-konvexe Bereiche gebildet werden, und zwar durch Erhitzen der Vorderseiten-Elektrode 2 für fünfzehn Minuten oder mehr auf eine Temperatur von gleich oder höher als

150°C und gleich oder niedriger als 400°C (entsprechend Schritt ST03 in **Fig.** 4). Die Vorderseiten-Elektrode 2 wird beispielsweise auf einem Teil der Oberseiten der Drift-Schicht 6 und der Drift-Schicht 7 via die Schottky-Elektroden-Schicht 9 und den Zwischen-Schicht-Isolierfilm 8 gebildet.

[0031] Danach wird der Schutz-Isolierfilm 4 wie in **Fig.** 10 gezeigt gebildet. Als das Material des Schutz-Isolierfilms 4 ist Polyimid oder Siliconharz bevorzugt, und der Schutz-Isolierfilm 4 ist auf einem äußersten Umfang an einer Seite einer Oberfläche des SiC-SBD mittels Rotations-Beschichten (spin coating), Photolithographie und einer Ätztechnologie oder mittels einer Auftragungstechnologie mittels Tintenstrahl gebildet (entsprechend Schritt ST04 in **Fig.** 4). Der Schutz-Isolierfilm 4 bedeckt einen Teil der Oberseite der Drift-Schicht 7, der nicht von der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt ist. Der Schutz-Isolierfilm 4 bedeckt einen Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0032] Nachdem der Schutz-Isolierfilm 4 gebildet ist, werden mehrere Ecken auf einer Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 gebildet, und zwar durch Oberflächenbearbeitung mittels eines Plasmas mit Sauerstoff und Argon. Dabei wird, wenn auch mehrere Ecken auf der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 an der Seite eines Außenumfangs des Halbleiterbauteils gebildet werden, die Zuverlässigkeit weiter verbessert.

[0033] Ein günstiges Bearbeitungsverfahren wie wiederholte Operation einer Auftragungstechnologie durch Tintenstrahl und nachfolgend ausgeführtes thermisches Behandeln bei einer Temperatur von 250°C oder mehr kann geeigneterweise als Verfahren zum Bilden der mehreren Ecken an der Oberseite (dem oberen Ende) des Schutz-Isolierfilms 4 ausgewählt werden.

[0034] Als Nächstes wird eine geneigte Oberfläche des Schutz-Isolierfilms 4 in eine bogenförmige Struktur wie in **Fig.** 13 beispielhaft gezeigt geformt, und zwar durch Ausführen von thermischem Bearbeiten bei einer Temperatur von beispielsweise gleich oder höher als 200°C und gleich oder niedriger als 400°C, mehr bevorzugt gleich oder höher als 250°C und gleich oder niedriger als 380°C. Das obige thermische Bearbeiten nachdem die Vorderseiten-Elektrode 2 gebildet wurde, kann als thermisches Bearbeiten verdoppelt werden, nachdem der Schutz-Isolierfilm 4 gebildet wurde.

[0035] Danach wird das SiC-Substrat 5 wie in **Fig.** 11 gezeigt von einer Seite der Unterseite des SiC-Substrats 5 her gedünnt (in der Dicke verringert), um einen Verlust in Stromleitung zu verringern, und zwar durch mechanisches Bearbeiten mit beispielsweise einer Schleifscheibe aus Alumina-Schleifkörnern oder Diamant-Schleifkörnern (entsprechend Schritt ST05 in **Fig.** 4). Das Dünnen (Verringern in der Dicke) des SiC-Substrats 5 kann je nach Bedarf weggelassen werden.

[0036] Danach wird die Hinterseiten-Elektrode 3 mittels beispielsweise Titan, Titanlegierung, Aluminium, Aluminiumlegierung aus Aluminium und Silicium, oder Nickel gebildet (entsprechend Schritt ST06 in **Fig.** 4). Was die Hinterseiten-Elektrode 3 betrifft, kann ein Antioxidationsfilm aus beispielsweise Gold, Platin, Silber oder Silberlegierung mit Palladium auf einer äußersten Seite der Hinterseiten-Elektrode 3 gelötet werden, um die Oxidation des Elektrodenmaterials zu verhindern.

[0037] Danach wird das hergestellte Bauteil mit einem Zerteilungsgerät zerteilt, um das in **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 3 beispielhaft gezeigte Halbleiterbauteil zu erhalten, für die mehreren in dem Halbleiter-Wafer gebildeten Halbleiterbauteile.

[0038] Dann werden, wie in **Fig.** 12 beispielhaft gezeigt, eine Oberseite und eine Unterseite eines Halbleiterbauteils 10 mittels eines Lots 11 bzw. eines Drahts 13 mit einem Zuleitungsrahmen 12 verbunden, und dann mit einem Formharz 14 abgedichtet, womit ein Halbleitermodul vervollständigt ist.

[0039] **Fig.** 13 ist ein Diagramm, das eine vergrößerte Konfiguration der Vorderseiten-Elektrode 2 des Halbleiterbauteils 10 und eine Region nahe dem Schutz-Isolierfilm 4 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. **Fig.** 14 ist ein Diagramm, das eine Definition eines arithmetischen Mittenrauwerts zeigt. Wie in **Fig.** 14 gezeigt, kann gemäß einer Definition der Oberflächen-Rauheit (JIS B 0601:1994, JIS B 0031:1994) ein arithmetischer Mittenrauwert Ra durch einen Ausdruck in **Fig.** 14 erhalten werden, indem eine Bezugsstrecke aus einer Rauheitskurve 400 in einer Richtung einer Durchschnittlinie 401 extrahiert wird, wobei die Richtung der Durchschnittlinie dieses extrahierten Teils als X-Achse gesetzt wird und eine Richtung der vertikalen Vergrößerung als Y-Achse gesetzt wird.

[0040] Die Erfinder führen einen 1-mm-Linienscan mittels eines AFM (atomic force microscope) SPM-9600, hergestellt von SHIMADZU CORPORATION, aus, um die oben beschriebene Rauheitskurve 400 zu erhalten, und berechnen dann den arithmetischen Mittenrauwert Ra. Ein Verfahren zum Berechnen des arithmetischen Mittenrauwerts Ra ist allerdings nicht auf die obige Weise beschränkt, sondern es kann eine optionale Methode wie ein Stempel-Typ-Höhenunterschieds-Oberflächenrauheits-Messgerät oder beispielsweise ein Laser-Mikroskop gewählt werden, das eine kontaktlose Messung auszuführen vermag.

[0041] In **Fig.** 13 ist der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als derjenige der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2 (das will sagen, der Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4). Mehrere konvexe Teile 2a sind in **Fig.** 13 an der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 gebildet, und diese konvexen Teile 2a bewirken eine Erhöhung des arithmetischen Mittenrauwerts an der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0042] Mehrere Ecken (Kanten) sind an einem Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 in **Fig.** 13 gebildet. Insbesondere stellt der Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 eine geneigte Oberfläche dar, eine an einem oberen Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke (Kante) weist einen Winkel θ_1 auf, und eine an einem unteren Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke (Kante) weist einen Winkel θ_2 auf.

[0043] Eine Kantenlinie 4a einer Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 4 weist eine im Vergleich zu einer geraden Linie, die vom Endbereich der Oberseite (insbesondere einer an einem unteren Ende der geneigten Oberfläche gebildeten Ecke/Kante) zu einem Endbereich der Unterseite (Ecke/Kanet) gezogen wird, konkave Gestalt auf.

[0044] Die Erfinder haben einen Leistungs-Zyklen-Test durchgeführt, bei dem ein Leitungs-Zustand und ein Nicht-Leitungs-Zustand des Halbleiterbauteils wiederholt werden, und zwar an dem Halbleitermodul mit der in **Fig.** 12 gezeigten Struktur.

[0045] Der Schutz-Isolierfilm 4 nimmt Spannungen aufgrund thermischer Ausdehnung und thermischer Schrumpfung auf, die durch einen Unterschied des linearen Ausdehnungskoeffizienten des Formharzes 14, und zwar von einer Seite der Oberseite her, gegenüber dem linearen Ausdehnungskoeffizienten der Vorderseiten-Elektrode 2, und zwar von der Seite der Unterseite her, verursacht werden.

[0046] **Fig.** 15 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Verhältnis der arithmetischen Mittenrauwerte der Ober- und Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4 und einer Ablöserate des Schutz-Isolierfilms 4 nach einhunderttausendmaligem Durchführen des Leistungs-Zyklen-Tests zeigt. In **Fig.** 15 gibt eine vertikale Achse die Ablöserate des Schutz-Isolierfilms 4 an, und eine seitliche Achse gibt das Verhältnis der arithmetischen Mittenrauwerte der Ober- und Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4 an (der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite/der arithmetische Mittenrauwert der Unterseite).

[0047] Gemäß **Fig.** 15 kann, wenn das Verhältnis der der arithmetischen Mittenrauwerte der Ober- und Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4 (der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite/der arithmetische Mittenrauwert der Unterseite) gleich oder kleiner ist als 0,9, eine Anhaftkraft zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2 in ausreichendem Maß erhalten werden, in Bezug auf die vom Formharz 14 empfangene Spannung auf den Schutz-Isolierfilm 4. Somit kann ein Ablösen des Schutz-Isolierfilms 4 unterdrückt werden.

[0048] Wenn das Halbleitermodul nach dem obigen Test geöffnet und analysiert wird, wird bestätigt, dass ein Riss in demjenigen Eckenteil mit dem spitzesten Winkel im Schutz-Isolierfilm 4 auftritt.

[0049] **Fig.** 16 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Eckenwinkel und einer Auftrittsrate eines Risses im obigen Leistungs-Zyklen-Test in einem Fall zeigt, in dem das Verhältnis der arithmetischen Mittenrauwerte der Ober- und Unterseite des Schutz-Isolierfilms 4 (der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite/der arithmetische Mittenrauwert der Unterseite) gleich 0,7 ist, mit dem Augenmerk auf derjenigen Ecke mit dem kleinsten Winkel unter den an einem Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 gebildeten Ecken. In **Fig.** 16 gibt eine vertikale Achse die Auftrittsrate eines Risses im Schutz-Isolierfilm 4 an, und eine laterale Achse gibt einen Winkel [θ] der Ecke mit dem kleinsten Winkel unter den an einem Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 gebildeten Ecken an. In **Fig.** 16 ist ein Fall, in dem die Anzahl der obigen Ecken eins ist (das will sagen, nur die Ecke mit dem kleinsten Winkel), durch weiße Kreise markiert; ein Fall, in die Anzahl der obigen Ecken zwei ist, ist mit schwarzen Dreiecken markiert; und ein Fall, in dem die Anzahl oder oben beschriebenen Ecken drei ist, ist mit schwarzen Quadraten markiert.

[0050] Man erkennt aus **Fig.** 16, dass der Winkel an der am Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 gebildeten Ecke 90 Grad oder mehr beträgt, womit die vom Formharz 14 empfangene Spannung verringert werden kann. Man erkennt auch, dass die mehreren Ecken am Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 gebildet sind, womit das Auftreten eines Risses im Schutz-Isolierfilm 4 verringert werden kann.

[0051] Die Erfinder haben durch Verifizierung erkannt, dass wenn, wie in **Fig.** 13 beispielhaft gezeigt, die Kantenlinie 4a der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 4 zurückweicht (eine konkave Gestalt aufweist), in Bezug auf eine gerade Linie, die von der Ecke der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 zur Ecke der Unterseite gezogen wird, ein günstiger Effekt des Unterdrückens des Risses in dem Schutz-Isolierfilm 4 erreicht wird.

<Zweite Ausführungsform>

[0052] Es werden ein Halbleiterbauteil und ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils betreffend die vorliegende Ausführungsform beschrieben. In der nachfolgenden Beschreibung werden ähnlichen Bauelementen dieselben Bezugszeichen wie die in der obigen Ausführungsform beschriebenen zugeordnet, und deren genaue Beschreibung wird demzufolge weggelassen.

<Konfiguration des Halbleiterbauteils>

[0053] **Fig.** 17, **Fig.** 18 und **Fig.** 19 sind Diagramme, die jeweils schematisch ein Beispiel einer Konfiguration eines nach dem Herstellverfahren der vorliegenden Ausführungsform hergestellten Halbleiterbauteils zeigen. **Fig.** 1 zeigt ein Beispiel einer SiC-SBD (Schottky barrier diode).

[0054] **Fig.** 17 zeigt eine Aufsicht auf die SiC-SBD. Wie in **Fig.** 17 gezeigt, ist die Vorderseiten-Elektrode 2 in einer leitfähigen Region in der Mitte gebildet, und um die Vorderseiten-Elektrode 2 herum ist der Schutz-Isolierfilm 4 zur Sicherstellung isolierender Eigenschaften gebildet, nämlich zur Isolation gegenüber einer Region um die Vorderseiten-Elektrode 2 herum. **Fig.** 17 unterscheidet sich von **Fig.** 1 dadurch, dass eine Vorderseiten-Elektrode 15 so gebildet ist, dass sie einen Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt.

[0055] **Fig.** 18 ist eine Querschnittsansicht entsprechend einem A-A'-Querschnitt wie in **Fig.** 17 durch eine gestrichelte Linie gezeigt. Der Strom fließt in **Fig.** 18 in Z-Richtung in einem Vorn-Hinten-Leitungstyp-Leistungs-Halbleiterbauteil. In **Fig.** 18 ist die Vorderseiten-Elektrode 15 im Vergleich mit der in **Fig.** 2 gezeigten Konfiguration gebildet, somit kann ein Draht an einem äußeren Teil mittels Lot an einer Seite der Oberseite des Leistungs-Halbleiterbauteils angeschlossen werden, und eine solche Konfiguration vermag auch die Leitung eines großen Stroms zu verkraften.

[0056] **Fig.** 19 ist eine vergrößerte Ansicht einer in **Fig.** 18 von einer gestrichelten Linie umrandeten Region. Die Vorderseiten-Elektrode 2 ist auf der Oberseite des Halbleitersubstrats 1 gebildet, und ferner sind der Schutz-Isolierfilm 4 und die Vorderseiten-Elektrode 15 auf der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 gebildet. Der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 ist kleiner als jener der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2. Die mehreren Ecken sind am oberen Ende des Schutz-Isolierfilms 4 bereitgestellt. Die Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 2 und der Vorderseiten-Elektrode 15 ist weiter unter angeordnet als die Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 2 und dem Schutz-Isolierfilm 4.

<Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauteils>

[0057] **Fig.** 20 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Prozesses der Herstellung einer SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. **Fig.** 5 bis **Fig.** 12 sind Querschnittsansichten, die jede ein Beispiel des Prozesses der Herstellung einer SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigen. Der Prozess der Herstellung der SiC-SBD wird insbesondere unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 bis **Fig.** 12 beschrieben.

[0058] Schritt ST01 bis Schritt ST06 in **Fig.** 20 haben ähnlichen Gehalt wie Schritt ST01 bis Schritt ST06 in **Fig.** 4, somit wird die Beschreibung weggelassen.

[0059] **Fig.** 21 ist eine Querschnittsansicht, die ein Beispiel einer Struktur eines Halbleiterbauteils zeigt, bei dem ein Prozess bis zum Schritt ST06 in **Fig.** 20 abgeschlossen ist.

[0060] Als Nächstes wird mittels eines Plattierverfahrens eine Elektrode auf einer Oberfläche des Halbleiterbauteils gebildet (entsprechend Schritt ST07 und Schritt ST08 in **Fig.** 20). Selbst wenn die Plattierbearbeitung an einer Al-Elektrode oder einer Al-Legierungs-Elektrode am Wafer ausgeführt wird, nachdem herkömmlich bekanntes Entfetten und Pickling ausgeführt wurden, werden auf der Oberfläche des Al bzw. der Al-Legierung am Wafer (Al und Al-Legierung werden nachfolgend auch als Al-Legierung bezeichnet) ein fester organischer Rückstand und ein Oxidfilm gebildet, weswegen zwischen der Al-Legierung und dem Plattiermetall keine Metalldiffusion auftritt, und keine Plattierschicht mit hoher Anhaftkraft gebildet werden kann.

[0061] Somit werden im vorliegenden Prozess, in dieser Reihenfolge, Plasma-Reinigen, Entfetten, Säure-Reinigen, Zinkat-Bearbeiten (Beizen) und Plattieren für die Plattierbearbeitung an der Al-Legierungselektrode am Wafer ausgeführt. Es ist erforderlich, ausreichend Zeit für das Wasser-Waschen zwischen jedem der Prozesse sicherzustellen, um zu vermeiden, dass eine Prozesslösung oder ein Rückstand vom vorigen Prozess in den nachfolgenden Prozess eingeschleppt wird.

[0062] Ein Umriss der Plattier-Vorbearbeitung und der Plattierbearbeitung wird unter Bezugnahme auf **Fig.** 22 beschrieben. Hierin ist **Fig.** 22 ein Flussdiagramm, das ein Beispiel der Plattier-Vorbearbeitung und der Plattierbearbeitung zeigt.

[0063] Zuerst wird beispielsweise mittels Plasma eine Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeitung als Plat-

tier-Vorbearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST11 in **Fig.** 22). Hierin ist das Plasma-Reinigen ein Bearbeiten des Reinigens der Oberfläche der Al-Legierungs-Elektrode durch Oxidations-Zersetzung oder Heraustreibens eines organischen Rückstands, der an der Al-Legierungs-Elektrode anbackt und durch allgemeines Plattier-Vorbearbeiten mittels Plasma nicht entfernt werden kann.

[0064] Danach wird ein Entfettungs-Bearbeiten und Säure-Reinigen als Plattier-Vorbearbeiten ausgeführt (entsprechend Schritt ST12 und Schritt ST13 in **Fig.** 22). Das Entfettungs-Bearbeiten ist ein Bearbeiten, das ausgeführt wird, um leichte organische Verunreinigungen oder einen auf der Al-Legierungs-Oberfläche verbleibenden Oxidfilm zu entfernen. Das Säure-Reinigen ist ein Bearbeiten des Neutralisierens der Al-Legierungs-Oberfläche, ferner des Ätzens und Aufrauens der Oberfläche der Al-Legierung zum Erhöhen der Reaktivität einer Prozesslösung in der nachfolgenden Bearbeitung, und zum Verbessern der Anhaftkraft der Plattierung.

[0065] Als Nächstes wird Zinkat-Beizen (Zinkat-Bearbeiten) als Plattier-Vorbearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST14 in **Fig.** 22). Danach wird die Plattierbearbeitung ausgeführt, um einen Plattierfilm mit hoher Anhaftkraft zu bilden. Insbesondere wird, nachdem nicht-elektrolytisches Ni-Plattierbearbeiten (chemisches Vernickeln) ausgeführt wurde, nicht-elektrolytisches Au-Plattierbearbeiten (chemisches Vergolden) ausgeführt (entsprechend Schritt ST15 und Schritt ST16 in **Fig.** 22).

[0066] Es wird nun das Zinkat-Beizen (Zinkat-Bearbeiten) beschrieben. Das Zinkat-Bearbeiten ist ein Bearbeiten des Bildens eines Films aus Zink (Zn) auf der Oberfläche der Al-Legierung beim Entfernen des Oxidfilms aus Al. Insbesondere wird, wenn die Al-Legierung in eine wässrige Lösung getaucht wird, in der Zink als Ionen gelöst ist, Al als Ionen gelöst, aus dem Grund, dass Zink ein edleres Bezugs-Oxidations-Reduktions-Potential aufweist, als Al. Dann nehmen die Zinkionen die Elektronen an der Oberfläche des Als auf. Dabei wird ein Oxidfilm des Al entfernt.

[0067] **Fig.** 23 und **Fig.** 24 sind Flussdiagramme, die jedes ein Modifikationsbeispiel des Zinkat-Bearbeitens zeigen.

[0068] In **Fig.** 23 wird zuerst ein Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeiten wie Plasma-Reinigen ausgeführt (entsprechend Schritt ST21 in **Fig.** 23). Als Nächstes wird ein Entfettungs-Bearbeiten und Säure-Reinigen ausgeführt (entsprechend Schritt ST22 und Schritt ST23 in **Fig.** 23).

[0069] Danach wird eine erste Zinkat-Bearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST24 in **Fig.** 23). Dann wird, nachdem Zinkat-Ablösung (entsprechend Schritt ST25 in **Fig.** 23) ausgeführt wurde, eine zweite Zinkat-Bearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST26 in **Fig.** 23).

[0070] Danach wird die Plattierbearbeitung ausgeführt, um einen Plattierfilm mit hoher Anhaftkraft zu bilden. Insbesondere wird, nachdem nicht-elektrolytisches Ni-Plattierbearbeiten ausgeführt wurde, nicht-elektrolytische Au-Plattierbearbeiten ausgeführt (entsprechend Schritt ST27 und Schritt ST28 in **Fig.** 23).

[0071] In **Fig.** 24 wird zuerst ein Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeiten wie Plasma-Reinigen ausgeführt (entsprechend Schritt ST31 in **Fig.** 24). Danach werden Entfettungs-Bearbeiten und Säure-Reinigen ausgeführt (entsprechend Schritt ST32 und Schritt ST33 in **Fig.** 24).

[0072] Danach wird eine erste Zinkat-Bearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST34 in **Fig.** 24). Dann wird, nachdem Zinkat-Ablösung (entsprechend Schritt ST35 in **Fig.** 24) ausgeführt wurde, wieder eine zweite Zinkat-Bearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST36 in **Fig.** 24). Dann wird, nachdem Zinkat-Ablösung (entsprechend Schritt ST37 in **Fig.** 24) ausgeführt wurde, erneut eine dritte Zinkat-Bearbeitung ausgeführt (entsprechend Schritt ST38 in **Fig.** 24).

[0073] Danach wird die Plattierbearbeitung ausgeführt, um einen Plattierfilm mit hoher Anhaftkraft zu bilden. Insbesondere wird, nachdem nicht-elektrolytisches Ni-Plattierbearbeiten ausgeführt wurde, nicht-elektrolytische Au-Plattierbearbeiten ausgeführt (entsprechend Schritt ST39 und Schritt ST40 in **Fig.** 24).

[0074] Wie in **Fig.** 23 und **Fig.** 24 beispielhaft gezeigt, wird, wenn die Zinkat-Bearbeitung und das Zinkat-Ablösen wiederholt ausgeführt werden, die mit Zn bedeckte Al-Legierung in konzentrierte Salpetersäure getaucht und Zn wird gelöst, und dann wird ein dünner gleichmäßiger Al-Oxid-Film an der Oberfläche des Al gebildet. Dann wird die Al-Legierung wieder in die Zn-Prozesslösung getaucht und eine Oberfläche der Al-Legierung wird mit Zn bedeckt, und ferner wird der Oxidfilm auf dem Al entfernt.

[0075] Gemäß dieser Vorgehensweise wird die Oxidfilmschicht an der Oberfläche der Al-Legierung gedünnt und geglättet. Indem die Anzahl der oben beschriebenen Operationen erhöht wird, wird die Oberfläche des Al gleichmäßiger, und die Leistungsfähigkeit des Plattierfilms wird verbessert; wenn allerding die Produktivität berücksichtigt wird, ist es bevorzugt, das in **Fig.** 23 gezeigte Zinkat-Bearbeiten zweimal auszuführen oder das in **Fig.** 24 gezeigte Zinkat-Bearbeiten dreimal auszuführen.

[0076] Auf diese Weise werden das Zinkat-Bearbeiten und das Zinkat-Ablösen höchtens dreimal ausgeführt, somit kann die Grenzfläche derart gebildet werden, dass die Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 2 und der Vorderseiten-Elektrode 15 weiter untern angeordnet ist, als die Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 2 und dem Schutz-Isolierfilm 4. Wenn eine solche Grenzfläche weiter unter gebildet wird, kann dabei zugleich auch Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeiten (entsprechend Schritt ST11 in **Fig.** 22) appliziert werden.

[0077] **Fig.** 25, **Fig.** 26, **Fig.** 27 und **Fig.** 28 sind Diagramme, die jedes ein Beispiel einer Struktur eines gemäß den oben beschriebenen Flussdiagrammen hergestellten Halbleiterbauteils zeigen. In **Fig.** 27 ist eine Entfernung von der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2 als Bezugsfläche zur Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 15 und der Vorderseiten-Elektrode 2 weiter unten als die Bezugsfläche als d bezeichnet.

[0078] Dann haben die Erfinder einen Zusammenbau-Test eines Halbleitermoduls ausgeführt, bei dem jede Oberseite und Unterseite des Halbleiterbauteils 10 über das Lot 11 an einen Zuleitungsrahmen 12 gebondet, und ferner wie in **Fig.** 28 beispielhaft dargestellt mit dem Formharz 14 abgedichtet sind.

[0079] Bei dem obigen Zusammenbau-Test wird, als Beschleunigungs-Test, ein Lötprozess dreimal wiederholt, um von der Vorderseiten-Elektrode 2, der Vorderseiten-Elektrode 15, dem Lot 11 oder dem Zuleitungsrahmen 12 mehr Stress auf den Schutz-Isolierfilm 4 auszuüben.

[0080] **Fig.** 29 ist ein Diagramm, das eine Beziehung zwischen einem Unterschied zwischen der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - der Vorderseiten-Elektrode 15 und der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - dem Schutz-Isolierfilm 4 und einer Defektrate nach dem Zusammenbau-Test zeigt. In **Fig.** 29 gibt eine vertikale Achse die Defektrate der Halbleitermoduls nach dem Zusammenbau-Test an, und eine seitliche Achse gibt den Unterschied zwischen der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - der Vorderseiten-Elektrode 15 und der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - dem Schutz-Isolierfilm 4 an. In **Fig.** 29 gibt ein Teil, bei dem die vertikale Achse einen Minus-Wert angibt, an, dass die Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - der Vorderseiten-Elektrode 15 bezüglich der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - dem Schutz-Isolierfilm 4 hervorsteht.

[0081] Gemäß **Fig.** 29 kann, wenn der Unterschied zwischen der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - der Vorderseiten-Elektrode 15 und der Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - dem Schutz-Isolierfilm 4 gleich oder größer ist als 10 nm, die Defektrate des Halbleitermoduls nach dem Zusammenbau-Test unterdrückt werden.

[0082] Wenn das Halbleitermodul mit dem obigen Defekt nach dem Zusammenbau-Test analysiert wird, stellt man fest, dass ein Isolationsdefekt aufgrund eines Ablösens des Schutz-Isolierfilms 4 auftrat. Somit wird davon ausgegangen, dass, wenn die Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - der Vorderseiten-Elektrode 15 weiter unten liegt als die Grenzfläche der Vorderseiten-Elektrode 2 - dem Schutz-Isolierfilm 4, der Stress auf den Schutz-Isolierfilm 4 verringert ist, und die Defektrate des Halbleitermoduls nach dem Zusammenbau-Test unterdrückt wird.

<Dritte Ausführungsform>

[0083] Es werden nun eine Stromwandlervorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen der Stromwandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. In der nachfolgenden Beschreibung werden dieselben Bezugsziffern wie die in der obigen Ausführungsform ähnlichen konstituierenden Elementen zugeordnet, und deren genaue Beschreibung wird infolgedessen weggelassen.

<Konfiguration der Stromwandlervorrichtung>

[0084] Das Halbleiterbauteil gemäß der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform wird in der vorliegenden Ausführungsform in einer Stromwandlervorrichtung eingesetzt. Die Stromwandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist auf keine besondere Stromwandlervorrichtung beschränkt, allerdings wird nachfolgend ein Fall beschrieben, in dem die Stromwandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform in einem Dreiphasen-Wechselrichter eingesetzt wird.

[0085] **Fig.** 30 ist ein Diagramm, dass schematisch eine Konfiguration eines Stromwandlersystems zeigt, das mit einer Stromwandlervorrichtung 200 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgerüstet ist. Ein in **Fig.** 30 gezeigtes Stromwandlersystem beinhaltet eine Stromquelle 100, eine Stromwandlervorrichtung 200 und einen Verbraucher 300.

[0086] Die Stromquelle 100 ist eine Gleichstromquelle, und liefert Gleichstrom an die Stromwandlervorrichtung 200. Die Stromquelle 100 kann aus diversen Stromquellen aufgebaut sein, und kann somit beispielsweise aus einem Gleichstromsystem, einer Solarbatterie oder einer Speicherbatterie aufgebaut sein, und kann auch aus einer an ein Wechselstrom-

system oder einen AC/DC-Wandler angeschlossenen Gleichrichterschaltung aufgebaut sein.. Die Stromquelle 100 kann auch aus einem DC/DC-Wandler aufgebaut sein, der den von einem Gleichstromsystem ausgegebenen Gleichstrom in einen vorbestimmten Gleichstrom wandelt.

[0087] Die Stromwandlervorrichtung 200 ist ein zwischen der Stromquelle 100 und dem Verbraucher 300 geschalteter Dreiphasen-Wechselrichter. Die Stromwandlervorrichtung 200 wandelt den von der Stromquelle 100 gelieferten Gleichstrom in Wechselstrom, und liefert den Gleichstrom an den Verbraucher 300. Die Stromwandlervorrichtung 200 beinhaltet eine Hauptwandlerschaltung 201 und eine Steuerschaltung 203. Die Hauptwandlerschaltung 201 wandelt den Gleichstrom, der eingegeben wurde, in Wechselstrom, und gibt den Wechselstrom aus. Die Steuerschaltung 203 gibt ein Steuersignal zum Steuern der Hauptwandlerschaltung 201 an die Hauptwandlerschaltung 201 aus.

[0088] Der Verbraucher 300 ist ein Dreiphasen-Elektromotor, der von dem Wechselstrom angetrieben wird, der von der Stromwandlervorrichtung 200 geliefert wird. Der Verbraucher 300 hat keinen besonderen Verwendungszweck, sondern ist ein an diversen Typen von Elektrogeräten angebrachter Elektromotor, und wird somit als Elektromotor für beispielsweise ein Hybrid-Auto, ein Elektro-Auto, ein Eisenbahnfahrzeug, einen Fahrstuhl oder eine Klimaanlage verwendet.

[0089] Nachfolgend werden Details der Stromwandlervorrichtung 200 beschrieben. Die Hauptwandlerschaltung 201 beinhaltet ein Schaltelement und eine (hier nicht gezeigte) Reflux-Diode. Wenn das Schaltelement schaltet, wandelt die Hauptwandlerschaltung 201 den von der Stromquelle 100 gelieferten Gleichstrom in den Wechselstrom und liefert den Wechselstrom an den Verbraucher 300. Beispiele einer spezifischen Schaltungskonfiguration der Hauptwandlerschaltung 201 beinhalten diverse Konfigurationen, allerdings ist die Hauptwandlerschaltung 201 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Dreiphasen-Vollbrückenschaltung mit zwei Ebenen, und kann aus sechs Schaltelementen und sechs antiparallel zu jedem Schaltelement verbundenen Reflux-Dioden aufgebaut sein. Das Halbleiterbauteil 202 gemäß einer der ersten Ausführungsform, der zweiten Ausführungsform und den oben beschriebenen Modifizierungsbeispielen wird in wenigstens einem der Schaltelemente und Reflux-Dioden der Hauptwandlerschaltung 201 verbaut. Sechs Schaltelemente sind paarweise in Reihe geschaltet, um obere und untere Arme zu bilden, und jedes Paar von oberem und unterem Arm stellt eine Phase (U-Phase, V-Phase und W-Phase) einer Vollbrückenschaltung dar. Die Ausgabeanschlüsse des Paars von oberem und unterem Arm, das heißt, drei Ausgabeanschlüsse der Hauptwandlerschaltung 201 sind mit dem Verbraucher 300 verbunden.

[0090] Die Hauptwandlerschaltung 201 beinhaltet eine Treiberschaltung (nicht gezeigt) zum Betreiben jedes Schaltelements. Die Treiberschaltung erzeugt ein Treibersignal zum Betreiben des Schaltelements der Hauptwandlerschaltung 201 und liefert das Treibersignal an eine Steuerelektrode des Schaltelements der Hauptwandlerschaltung 201. Insbesondere gibt die Treiberschaltung ein Treibersignal aus zum Veranlassen, dass das Schaltelement in einen AN-Zustand tritt, und ein Treibersignal zum Veranlassen, dass das Schaltelement in einen AUS-Zustand tritt, und zwar an eine Steuerelektrode von jedem Schaltelement gemäß einem Steuersignal von der nachfolgend zu beschreibenden Steuerschaltung 203. Wenn das Schaltelement im AN-Zustand gehalten wird, ist das Treibersignal ein Spannungssignal (AN-Signal) gleich der oder größer als die Schwellenspannung des Schaltelements, und wenn das Schaltelement im AUS-Zustand gehalten wird, ist das Treibersignal ein Spannungssignal (AUS-Signal) gleich der oder kleiner als die Schwellenspannung des Schaltelements.

[0091] Die Steuerschaltung 203 steuert das Schaltelement der Hauptwandlerschaltung 201 derart, dass der gewünschte elektrische Strom an den Verbraucher 300 geliefert wird. Insbesondere berechnet die Steuerschaltung 203 (AN-Zeit), zu der jedes Schaltelement der Hauptwandlerschaltung 201 in den AN-Zustand treten sollte, auf der Grundlage des dem Verbraucher 300 zuzuführenden Stroms. Beispielsweise kann die Steuerschaltung 203 die Hauptwandlerschaltung 201 durch PWM-Steuerung (Pulsbreitenmodulation, pulse width modulation) steuern, indem die AN-Zeit des Schaltelements gemäß der auszugebenden Spannung moduliert wird. Dann gibt die Steuerschaltung 203 einen Steuerbefehl (Steuersignal) an die in der Hauptwandlerschaltung 201 beinhaltete Treiberschaltung derart aus, dass zu jedem Zeitpunkt das AN-Signal an dasjenige Schaltelement ausgegeben wird, das in den AN-Zustand treten sollte, und das AUS-Signal an dasjenige Schaltelement ausgegeben wird, das in den AUS-Zustand treten sollte. Die Treiberschaltung gibt das AN-Signal bzw. das AUS-Signal gemäß dem Steuersignal als das Treibersignal an die Steuerelektrode jedes Schaltelements aus.

<Verfahren zum Herstellen der Stromwandlervorrichtung>

[0092] Ein Verfahren zum Herstellen der Stromwandlervorrichtung 200 beinhaltet den folgenden Prozess. Das Halbleiterbauteil 202 wird nach dem in der ersten Ausführungsform, der zweiten Ausführungsform oder dem oben beschriebenen Modifikationsbeispiel beschriebenen Herstellungsverfahren

hergestellt. Die dieses Halbleiterbauteil 202 beinhaltende Hauptwandlerschaltung 201 wird gebildet. Die Steuerschaltung 203 wird gebildet. Daraus wird die Stromwandlervorrichtung 200 gebildet. Wenn die Hauptwandlerschaltung 201 gebildet wird, wird die Hinterseiten-Elektrode 3 des Halbleiterbauteils 10 über das Lot 11 an den Zuleitungsrahmen 12 gebondet, und die Vorderseiten-Elektrode 2 wird über den Draht 13 an den Zuleitungsrahmen 12 gebondet, wie beispielsweise in **Fig.** 12 gezeigt.

[0093] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird das Halbleiterbauteil 202 gemäß der ersten Ausführungsform und der zweiten Ausführungsform als wenigstens eines der die Hauptwandlerschaltung 201 darstellenden Halbleiterbauteile 202 eingesetzt. Demgemäß kann ein Defekt unterdrückt werden, der von Verspannungen von einem umgebenden Bauteil bei Betrieb und Nicht-Betrieb des Halbleiterbauteils 202 herrührt. Die Zuverlässigkeit der Hauptwandlerschaltung 201 wird dadurch erhöht. Somit kann die Zuverlässigkeit der Stromwandlervorrichtung 200 erhöht werden.

[0094] In der vorliegenden Ausführungsform wird das Beispiel der Anwendung des Halbleiterbauteils 202 für einen Dreiphasen-Wechselrichter mit zwei Ebenen beschrieben. Allerdings ist die vorliegende Ausführungsform nicht darauf beschränkt, sondern kann auf diverse Stromwandlervorrichtungen angewendet werden. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Stromwandlervorrichtung mit zwei Ebenen beschrieben, jedoch kann auch eine Stromwandlervorrichtung mit drei Ebenen oder eine Mehrebenen-Stromwandlervorrichtung eingesetzt werden. Wenn einem Einphasen-Verbraucher Strom zugeführt wird, kann als Einzelphasen-Wechselrichter die oben beschriebene Stromwandlervorrichtung eingesetzt werden. Wenn beispielsweise einem Gleichstrom-Verbraucher Strom zugeführt wird, kann die oben beschriebene Stromwandlervorrichtung für einen DC/DC-Wandler oder einen AC/DC-Wandler eingesetzt werden.

[0095] Die Stromwandlervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann nicht auf den Fall angewendet werden in dem der oben beschriebenen Verbraucher ein Elektromotor ist, sondern auch als Stromquellengerät einer Elektrische-Entladungs-Maschine, einer Laserstrahl-Maschine, eines Induktionsherds oder eines kontaktlosen Stromversorgungssystems, und kann ferner als Strom-Konditionierer eines Solarstrom-Erzeugungssystems oder eines Elektrizitäts-Speichersystems eingesetzt werden.

<Vierte Ausführungsform>

[0096] Nach folgend werden ein Halbleiterbauteil und ein Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

<Konfiguration des Halbleiterbauteils>

[0097] **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 31 sind Diagramme, die jeweils schematisch ein Beispiel einer Konfiguration des nach dem in der vorliegenden Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbauteils zeigen. **Fig.** 1 zeigt ein Beispiel einer SiC-SBD (Schottky barrier diode).

[0098] **Fig.** 31 ist eine Querschnittsansicht entsprechend der in Figur durch eine gestrichelte Linie umrandeten Region. Ein Unterschied zum in **Fig.** 3 gezeigten Fall ist eine Konfiguration, bei der an einem Seitenflächenteil des Schutz-Isolierfilms 40 ein konkaver Teil 40a vorgesehen ist.

[0099] Die Vorderseiten-Elektrode 2 ist auf der Oberseite des Halbleitersubstrats 1 gebildet, und ferner ist der Schutz-Isolierfilm 40 auf der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 gebildet. Ein arithmetischer Mittenrauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 40 ist kleiner als jener der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40. Der arithmetische Mittenrauwert der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40 ist kleiner als jener der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 40 und der Vorderseiten-Elektrode 2 (das heißt, der Unterseite des Schutz-Isolierfilms 40). Am oberen Ende des Schutz-Isolierfilms 40 sind mehrere Ecken vorgesehen.

<Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils>

[0100] **Fig.** 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Prozesses des Herstellens einer SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. In dem in **Fig.** 4 gezeigten Flussdiagramm sind die entsprechenden Querschnittsdiagramme in **Fig.** 5 bis **Fig.** 9 bis hin zur Bildung der Vorderseiten-Elektrode (Schritt ST03) gemein mit der Konfiguration der ersten Ausführungsform, und ihre Beschreibung wird weggelassen.

[0101] Danach wird der Schutz-Isolierfilm 4 (der Schutz-Isolierfilm 40 in der vorliegenden Ausführungsform) wie in **Fig.** 10 gezeigt gebildet. Polyimid- oder Siliconharz ist als ein Material für den Schutz-Isolierfilm bevorzugt, und der Schutz-Isolierfilm wird an einem äußersten Umfang an einer Seite der Oberfläche der SiC-SBD durch Rotationsbeschichten (spin coating), Photolithographie und einer Ätztechnologie oder mittels einer Auftragungstechnologie durch Tintenstrahl gebildet (entsprechend Schritt ST04 in **Fig.** 4). Der Schutz-Isolierfilm 4 (der Schutz-Isolierfilm 40 in der vorliegenden Ausführungsform) bedeckt einen Teil der Oberseite der Drift-Schicht 7, der nicht von der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt ist. Der Schutz-Isolierfilm bedeckt

einen Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0102] Nachdem der Schutz-Isolierfilm 40 gebildet worden ist, wird beispielsweise mittels einer Batch-Typ-Plasmabearbeitungsvorrichtung eine Oberflächenbearbeitung mit einem Plasma ausgeführt, das Sauerstoff und Argon enthält, um die mehreren Ecken an der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 40 und den konkaven Teil 40a an der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40 auszubilden. Außerdem wird in der vorliegenden Ausführungsform die Zuverlässigkeit weiter verbessert, wenn die mehreren Ecken auch an der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 40 an der Seite des Außenumfangs des Halbleiterbauteils und konkav-konvexe Bereiche (der konkave Teil 40a) an der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40 gebildet werden.

[0103] Danach wird das in **Fig.** 1, **Fig.** 2 und **Fig.** 31 beispielhaft dargestellte Halbleiterbauteil durch den Prozess des Dünnens (Verringerns der Dicke) des SiC-Substrats 5 (entsprechend Schritt ST05 in **Fig.** 4) erhalten, ähnlich wie in der ersten Ausführungsform.

[0104] In einem Fall, in dem das in dieser Weise hergestellte Halbleiterbauteil in ein Halbleitermodul mit der in **Fig.** 12 gezeigten Struktur eingebaut wird, erfährt der Schutz-Isolierfilm 40, wenn der Leistungs-Zyklen-Test des Wiederholens des Leitungs-Zustands und des Nicht-Leitungs-Zustands des Halbleiterbauteils ausgeführt wird, die Verspannung aufgrund der Wärmeausdehnung oder der Wärmeschrumpfung, die durch einen Unterschied eines linearen Ausdehnungskoeffizienten vom Formharz 14 von der Seite der Oberseite und einen Unterschied eines linearen Ausdehnungskoeffizienten von der Vorderseiten-Elektrode von der Seite der Unterseite.

[0105] In einem solchen Fall ist in der vorliegenden Ausführungsform der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 40 kleiner als jener an der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40, und der arithmetische Mittenrauwert der Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 40 ist kleiner als jener der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 40 und der Vorderseiten-Elektrode (das heißt, der Unterseite des Schutz-Isolierfilms 40). Eine externe Kraft, die zwischen dem Schutz-Isolierfilm 40 und der Vorderseiten-Elektrode 2 gemäß der Verspannung des Schutz-Isolierfilms 40 ausgeübt wird, die vom Formharz 14 erfahren wird, kann im Vergleich zur ersten Ausführungsform verringert werden, womit das Ablösen des Schutz-Isolierfilms 40 unterdrückt werden kann.

<Fünfte Ausführungsform>

[0106] Nachfolgend werden ein Halbleiterbauteil und ein Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

<Konfiguration des Halbleiterbauteils>

[0107] **Fig.** 1, **Fig.** 32 und **Fig.** 33 sind Diagramme, die jedes schematisch ein Beispiel eines Halbleiterbauteils zeigen, das nach dem in der vorliegenden Ausführungsform beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellt wurde. **Fig.** 1 ist ein Beispiel einer SiC-SBD (Schottky barrier diode).

[0108] **Fig.** 32 ist eine Querschnittsansicht entsprechend einer in **Fig.** 33 durch eine gestrichelte Line umrandeten Region. Ein Unterschied zum in **Fig.** 3 gezeigten Fall ist eine Konfiguration, dass ein Neigungsteil 41b an einer Oberseite eines Schutz-Isolierfilms 41 vorgesehen ist.

<Verfahren zum Herstellen des Halbleiterbauteils>

[0109] **Fig.** 4 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Prozesses zum Herstellen einer SiC-SBD gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt. In dem in **Fig.** 4 gezeigten Flussdiagramm sind die entsprechenden Querschnittsdiagramme in **Fig.** 5 bis **Fig.** 9 bis zur Bildung der Vorderseiten-Elektrode (Schritt ST03) gemein mit der Konfiguration gemäß der ersten Ausführungsform, und ihre Beschreibung wird somit weggelassen.

[0110] Danach wird der Schutz-Isolierfilm 4 (in dieser Ausführungsform der Schutz-Isolierfilm 41) wie in **Fig.** 10 gezeigt gebildet. Als ein Material des Schutz-Isolierfilms ist Polyimid oder Siliconharz bevorzugt, und der Schutz-Isolierfilm wird an einem äußerten Umfang an einer Seite einer Oberfläche der SiC-SBD mittels Rotationsbeschichten, Photolithographie und einer Ätztechnologie oder mittels einer Auftragungstechnologie durch Tintenstrahl (entsprechend Schritt ST04 in **Fig.** 4) gebildet. Der Schutz-Isolierfilm 4 (in dieser Ausführungsform der Schutz-Isolierfilm 41) bedeckt einen Teil der Oberseite der Drift-Schicht 7, der nicht von der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt ist. Der Schutz-Isolierfilm bedeckt einen Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0111] Nachdem der Schutz-Isolierfilm 41 gebildet worden ist, wird beispielsweise mittels einer Batch-Typ-Plasmabearbeitungsvorrichtung eine Oberflächenbearbeitung mit einem Plasma ausgeführt, das Sauerstoff und Argon enthält, um die mehreren Ecken an der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 41 auszubilden. Außerdem wird in der vorliegenden Ausführungsform die Zuverlässigkeit weiter verbes-

sert, wenn die mehreren Ecken auch an der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 41 an der Seite des Außenumfangs des Halbleiterbauteils gebildet werden.

[0112] Danach wird thermisches Bearbeiten bei einer Temperatur gleich oder höher als 250°C und gleich oder niedriger als 350°C ausgeführt, somit kann, wie in **Fig.** 32 und 33 gezeigt, der Neigungsteil 41b mit einem Winkel von θ_3 (das heißt, mit einer Neigung) bezogen auf eine Oberfläche parallel zum Halbleitersubstrat (das heißt, der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 41) an der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 41 bereitgestellt werden.

[0113] Danach wird das in **Fig.** 1, **Fig.** 32 und **Fig.** 33 beispielhaft gezeigte Halbleiterbauteil durch den Prozess des Dünnens (Verringerns der Dicke) des SiC-Substrats 5 (entsprechend Schritt ST05 in **Fig.** 4) erhalten, auf ähnliche Weise wie in der ersten Ausführungsform.

[0114] In einem Fall, in dem das in dieser Weise hergestellte Halbleiterbauteil in ein Halbleitermodul mit der in **Fig.** 12 gezeigten Struktur eingebaut wird, ist eine Dicke eines Endbereichs des Schutz-Isolierfilms 41, wenn der Leistungs-Zyklen-Test des Wiederholens des Leitungs-Zustands und des Nicht-Leitungs-Zustands des Halbleiterbauteils ausgeführt wird, dicker als dessen Mittelteil, womit der Endbereich des Schutz-Isolierfilms 41 durch die vom Formharz 14 erfahrene Verspannung des Halbleiterbauteils verformt, und die Spannung kann damit absorbiert werden. Somit kann ein im Schutz-Isolierfilm 41 auftretendes Reißen unterdrückt werden.

[0115] <Durch die oben beschriebenen Ausführungsformen verursachte Wirkungen> Nachfolgend werden Beispiele von Wirkungen beschrieben, die durch die obigen Ausführungsformen verursacht werden. Es sollte beachtet werden, dass in der folgenden Beschreibung die Wirkungen basierend auf spezifischen, in den oben beschriebenen Ausführungsformen gezeigten Konfigurationen beschrieben werden, aber auch andere in der Beschreibung beispielhaft dargestellte Konfigurationen anstelle jener Konfigurationen angewendet werden können, im Rahmen des Hervorrufens ähnlicher Wirkungen. Das heißt, es wird in manchen Fällen der Bequemlichkeit halber lediglich eine der entsprechenden spezifischen Konfigurationen repräsentativ beschrieben; es kann aber die repräsentativ beschriebene spezifische Konfiguration durch die anderen spezifischen Konfigurationen ersetzt werden.

[0116] Die Ersetzung kann auch in mehreren Ausführungsformen implementiert werden. Das heißt, jede der in den verschiedenen Ausführungsformen beispielhaft dargestellten Konfigurationen kann mit jeder anderen kombiniert werden, um ähnliche Wirkungen zu erzeugen.

[0117] Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen weist das Halbleiterbauteil die Halbleiterschicht, die erste Elektrodenschicht und den Isolierfilm auf. Hierbei entspricht die Halbleiterschicht beispielsweise der Drift-Schicht 6 oder der Drift-Schicht 7. Die erste Elektrodenschicht entspricht beispielsweise der Vorderseiten-Elektrode 2. Der Isolierfilm entspricht beispielsweise dem Schutz-Isolierfilm 4. Die Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt beispielsweise über die Drift-Schicht 6 und die Schottky-Elektroden-Schicht 9 einen Teil der Oberseite der Drift-Schicht 7. Der Schutz-Isolierfilm 4 bedeckt beispielsweise über die Drift-Schicht 6 und die Schottky-Elektroden-Schicht 9 den anderen Teil der Oberseite der Drift-Schicht 7. Der Schutz-Isolierfilm 4 bedeckt einen Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2. Hierbei ist der arithmetische Rauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als jener der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0118] Gemäß einer solchen Konfiguration ist eine Kontaktfläche, die in Kontakt steht mit einem konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4, kleiner als eine, die in Kontakt steht mit einem konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4. Somit ist die Verbindung zum konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4 steifer als die Verbindung zum konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4, womit die Ablösung des Schutz-Isolierfilms 4 im Betrieb unterdrückt werden kann. Gemäß einer solchen Konfiguration kann die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauteils erhöht werden.

[0119] Selbst in dem Fall, dass die anderen in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung beispielhaft dargestellten Konfigurationen in geeigneter Weise zu der obig beschriebenen Konfiguration hinzugefügt werden, das heißt, andere Konfigurationen als die Konfigurationen in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung, die nicht als die oben beschriebenen Konfigurationen bezeichnet werden, können ähnliche Wirkungen erzeugt werden.

[0120] Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen ist der Endbereich der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 die Neigungsfläche. Sowohl die am oberen Ende der Neigungsfläche gebildete Ecke als auch die am unteren Ende der Neigungsfläche gebildete Ecke weisen einen stumpfen Winkel auf. Gemäß einer solchen Konfiguration weisen das obere Ende und das untere Ende der Neigungsfläche die mehreren Ecken auf, womit die vom umgebenden Teil auf den Schutz-Isolierfilm 4 ausgeübte Spannung verteilt werden kann. Wenn der Winkel

jeder Ecke 90° oder mehr aufweist, kann die auf die Ecke ausgeübte Kraft verringert werden, womit das Auftreten des Reißens des Schutz-Isolierfilms 4 unterdrückt werden kann.

[0121] Gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen weist das Halbleiterbauteil die zweite Elektrodenschicht auf, die einen Teil der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt. Hierbei entspricht die zweite Elektrodenschicht beispielsweise der Vorderseiten-Elektrode 15. Der Schutz-Isolierfilm 4 bedeckt einen Teil der Vorderseiten-Elektrode 2. Die Grenzfläche zwischen der Vorderseiten-Elektrode 15 und der Vorderseiten-Elektrode 2 befindet sich weiter unter als die Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2. Gemäß einer solchen Konfiguration kann die von der Vorderseiten-Elektrode 15 empfangene Kraft auf den Schutz-Isolierfilm 4 verringert werden. Somit kann die Ablösung des Schutz-Isolierfilms 4 unterdrückt werden.

[0122] Gemäß den obig beschriebenen Ausführungsformen weist die Kantenlinie 4a einer Seitenfläche des Schutz-Isolierfilms 4 eine konkave Gestalt auf. Gemäß einer solchen Konfiguration kann das Auftreten des Reißens des Schutz-Isolierfilms 4 unterdrückt werden.

[0123] Gemäß den obig beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet die Konfiguration das oben beschriebenen Halbleiterbauteil, und beinhaltet ferner die Hauptwandlerschaltung 201, die den zugeführten elektrischen Strom wandelt und den gewandelten elektrischen Strom ausgibt, und die Steuerschaltung 203, die das Steuersignal zum Steuern der Hauptwandlerschaltung 201 an die Hauptwandlerschaltung 201 ausgibt. Gemäß einer solchen Konfiguration ist eine Kontaktfläche in Kontakt mit einem konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als jene in Kontakt mit einem konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4. Somit ist die Verbindung zum konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4 steifer als die Verbindung zum konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4, und somit kann die Ablösung des Schutz-Isolierfilms 4 unterdrückt werden. Gemäß einer solchen Konfiguration kann die Zuverlässigkeit der das Halbleiterbauteil beinhaltenden Stromwandlervorrichtung erhöht werden.

[0124] Gemäß den obig beschriebenen Ausführungsformen wird ein Teil der Oberseite der Drift-Schicht 6 bedeckt, um im Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbauteils die Vorderseiten-Elektrode 2 zu bilden. Dann werden der andere Teil der Oberseite der Drift-Schicht 6 und wenigstens ein Teil der Oberseite der Vorderseiten-Elektrode 2 bedeckt, um den Schutz-Isolierfilm 4 zu bilden. Hierbei ist der arithmetische Mittenrauwert der Oberseite des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als jener der Grenzfläche zwischen dem Schutz-Isolierfilm 4 und der Vorderseiten-Elektrode 2.

[0125] Gemäß einer solchen Konfiguration ist eine Kontaktfläche in Kontakt mit einem konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als jene in Kontakt mit einem konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4. Somit ist eine Verbindung zum konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4 steifer als eine Verbindung zum konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4; somit kann ein Ablösen des Schutz-Isolierfilms 4 im Betrieb unterdrückt werden. Gemäß einer solchen Konfiguration kann die Zuverlässigkeit des Halbleiterbauteils erhöht werden.

[0126] Gemäß den obig beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet, im Verfahren zur Herstellung der Stromwandlervorrichtung, die Konfiguration das nach dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren hergestellte Halbleiterbauteil und die Hauptwandlerschaltung 201 zum Wandeln des eingegebenen elektrischen Stroms und zum Ausgeben des umgewandelten elektrischen Stroms. Dann ist die Steuerschaltung 203 vorgesehen, zum Ausgeben des Steuersignals zum Steuern der Hauptwandlerschaltung 201 an die Hauptwandlerschaltung 201. Gemäß einer solchen Konfiguration ist eine Kontaktfläche in Kontakt mit einem konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4 kleiner als jene in Kontakt mit einem konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4. Somit ist eine Verbindung zum konstituierenden Element am unteren Teil des Schutz-Isolierfilms 4 steifer als eine Verbindung zum konstituierenden Element am oberen Teil des Schutz-Isolierfilms 4; somit kann ein Ablösen des Schutz-Isolierfilms 4 im Betrieb unterdrückt werden. Gemäß einer solchen Konfiguration kann ein Defekt, verursacht durch die Verspannung von einem umgebenden Bauteil im Betrieb und Nicht-Betrieb des Halbleiterbauteils, unterdrückt werden. Die Zuverlässigkeit der Hauptwandlerschaltung ist dadurch erhöht, und die Zuverlässigkeit der Stromwandlervorrichtung kann erhöht werden.

<Modifikationsbeispiele in oben beschriebenen Ausführungsformen>

[0127] In den obig beschriebenen Ausführungsformen können beispielsweise Materialeigenschaften, Materialien, Abmessungen, Gestalten, relative Anordnungsbeziehungen oder Implementierungsbedingungen für die entsprechenden konstituierenden Elemente beschrieben sein; allerdings stellen diese in jeder Beziehung ein Beispiel dar, und keinen beschränkenden Gegenstand.

[0128] Demgemäß liegen zahlreiche andere Modifikationen, Variationen und Äquivalente im Bereich des Umfangs der in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarten Technologie. Beispielsweise sind die folgenden Fälle involviert, in welchen wenigstens eines der konstituierenden Elemente wenigstens einer der Ausführungsformen ausgesondert und dann mit konstituierenden Elemente der anderen Ausführungsform kombiniert wird.

[0129] Wenn ferner in wenigstens einer der Ausführungsformen Materialbezeichnungen erwähnt sind, gelten, wenn nichts anderes angegeben ist, eine Legierung des Materials und andere Additive und so weiter als beinhaltet, soweit konsistent mit den Ausführungsformen.

[0130] Wo in der Beschreibung „ein“ konstituierendes Element als in den obig beschriebenen Ausführungsformen erwähnt wird, können „ein oder mehrere“ konstituierende Elemente beinhaltet sein, soweit konsistent mit den Ausführungsformen.

[0131] Ferner ist jedes konstituierende Element in den obig beschriebenen Ausführungsformen in eine konzeptionelle Einheit. Somit kann, im Rahmen der in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung offenbarten Technologie, ein konstituierendes Element multiple Strukturen beinhalten, ein konstituierendes Element kann einem Teil einer Struktur entsprechen, und mehrere konstituierende Elemente können in einer Struktur beinhaltet sein.

[0132] Jedes konstituierende Element in den obig beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet eine Struktur mit einer unterschiedlichen Konfiguration oder einer unterschiedlichen Gestalt, solange die Struktur der unterschiedlichen Konfiguration oder unterschiedlichen Gestalt dieselbe Funktion hat.

[0133] Was in der Beschreibung der vorliegenden Anmeldung beschrieben wurde, betrifft in jedem Fall die vorliegende Technologie. Es ist somit kein Einräumen, dass irgendeine der hierin bereitgestellten Beschreibungen eine herkömmliche Technologie wäre.

[0134] Die Aspekte der vorliegenden Offenbarung werden nachfolgend kollektiv als Appendices bezeichnet.

Appendix 1:

[0135] Ein Halbleiterbauteil, umfassend:

eine Halbleiterschicht;

eine einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckende erste Elektrodenschicht; und

einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei

ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

Appendix 2:

[0136] Das Halbleiterbauteil gemäß Appendix 1, wobei
ein Endbereich der Oberseite des Isolierfilms eine geneigte Oberfläche ist, und sowohl eine an einem oberen Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke als auch eine an einem unteren Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke einen stumpfen Winkel aufweisen.

Appendix 3:

[0137] Das Halbleiterbauteil gemäß Appendix 1 oder 2, wobei
der Isolierfilm einen Teil der ersten Elektrodenschicht bedeckt,
das Halbleiterbauteil ferner eine einen Teil der ersten Elektrodenschicht bedeckende zweite Elektrodenschicht umfasst, und
eine Grenzfläche zwischen der zweiten Elektrodenschicht und der ersten Elektrodenschicht weiter unten als eine Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht angeordnet ist.

Appendix 4:

[0138] Das Halbleiterbauteil gemäß einem der Appendices 1 bis 3, wobei eine Kantenlinie einer Seitenfläche des Isolierfilms eine konkave Gestalt aufweist.

Appendix 5:

[0139] Eine Stromwandlervorrichtung, umfassend:

eine das Halbleiterbauteil gemäß einem der Appendices 1 bis 4 beinhaltende Hauptwandlerschaltung, die zugeführten elektrischen Strom wandelt, und den elektrischen Strom ausgibt; und

eine ein Steuersignal zum Steuern der Hauptwandlerschaltung an die Hauptwandlerschaltung ausgebende Steuerschaltung.

Appendix 6:

[0140] Ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils, umfassend:

Bedecken eines Teils einer Oberseite der Halbleiterschicht zum Bilden einer ersten Elektrodenschicht; und

Bedecken eines anderen Teils der Oberseite der Halbleiterschicht und wenigstens eines Teils einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht zum Bilden eines Isolierfilms, wobei

ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der erste Elektrodenschicht.

Appendix 7:

[0141] Ein Halbleiterbauteil, umfassend:

eine Halbleiterschicht;

eine einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckende erste Elektrodenschicht; und

einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei eine arithmetische Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als eine arithmetische Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms, und

ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

Appendix 8:

[0142] Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils umfassend:

eine Halbleiterschicht;

eine einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckende erste Elektrodenschicht; und

einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei

ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms, und ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

Appendix 9:

[0143] Das Halbleiterbauteil gemäß einem der Appendices 1 bis 4 und 7, wobei an der Oberseite des Isolierfilms ein bezüglich der Oberseite der Isolierfilms geneigter Neigungsteil bereitgestellt ist.

Erläuterung der Bezugszeichen

1	Halbleitersubstrat
2	Vorderseiten-Elektrode
2a	konvexer Teil
3	Hinterseiten-Elektrode
4	Schutz-Isolierfilm
4a	Kantenlinie
5	Substrat
6	Drift-Schicht
7	Drift-Schicht
8	Zwischen-Schicht-Isolierfilm
9	Schottky-Elektroden-Schicht
10	Halbleiterbauteil
11	Lot
12	Zuleitungsrahmen
13	Draht
14	Formharz
15	Vorderseiten-Elektrode
40	Schutz-Isolierfilm
40a	konkaver Teil
41	Schutz-Isolierfilm
41b	Neigungsteil
100	Stromquelle
200	Stromwandlervorrichtung
201	Hauptwandlerschaltung
202	Halbleiterbauteil
203	Steuerschaltung
300	Verbraucher
401	Durchschnittlinie

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2017 - 50 358 [0003]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- JIS B 0601:1994, JIS B 0031:1994 [0039]

Patentansprüche

1. Halbleiterbauteil, umfassend:
eine Halbleiterschicht;
eine erste, einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckenden Elektrodenschicht; und
einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

2. Halbleiterbauteil gemäß Anspruch 1, wobei
ein Endbereich der Oberseite des Isolierfilms eine geneigte Oberfläche ist, und
sowohl eine an einem oberen Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke als auch eine an einem unteren Ende der geneigten Oberfläche gebildete Ecke einen stumpfen Winkel aufweisen.

3. Halbleiterbauteil gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei
der Isolierfilm einen Teil der ersten Elektrodenschicht bedeckt,
das Halbleiterbauteil ferner eine einen Teil der ersten Elektrodenschicht bedeckende zweite Elektrodenschicht umfasst, und
eine Grenzfläche zwischen der zweiten Elektrodenschicht und der ersten Elektrodenschicht weiter unten als eine Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht angeordnet ist.

4. Halbleiterbauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Kantenlinie einer Seitenfläche des Isolierfilms eine konkave Gestalt aufweist.

5. Stromwandlervorrichtung, umfassend:
eine das Halbleiterbauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 beinhaltende Hauptwandlerschaltung, die zugeführten elektrischen Strom wandelt, und den elektrischen Strom ausgibt; und
eine ein Steuersignal zum Steuern der Hauptwandlerschaltung an die Hauptwandlerschaltung ausgebende Steuerschaltung.

6. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils, umfassend:
Bedecken eines Teils einer Oberseite einer Halbleiterschicht zum Bilden einer ersten Elektrodenschicht; und
Bedecken eines anderen Teils der Oberseite der Halbleiterschicht und wenigstens eines Teils einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht zum Bilden eines Isolierfilms,
wobei
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der erste Elektrodenschicht.

7. Halbleiterbauteil, umfassend:
eine Halbleiterschicht;
eine erste, einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckenden Elektrodenschicht; und
einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms, und
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

8. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauteils umfassend:
eine Halbleiterschicht;
eine erste, einen Teil einer Oberseite der Halbleiterschicht bedeckenden Elektrodenschicht; und
einen einen anderen Teil der Oberseite der Halbleiterschicht und einen Teil einer Oberseite der ersten Elektrodenschicht bedeckenden Isolierfilm, wobei
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Oberseite des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms, und
ein arithmetischer Mittenrauwert einer Seitenfläche des Isolierfilms kleiner ist als ein arithmetischer Mittenrauwert einer Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der ersten Elektrodenschicht.

9. Halbleiterbauteil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 und 7, wobei ein bezüglich der Oberseite der Isolierfilms geneigter Neigungsteil an der Oberseite des Isolierfilms bereitgestellt ist.

Es folgen 33 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

F I G. 1

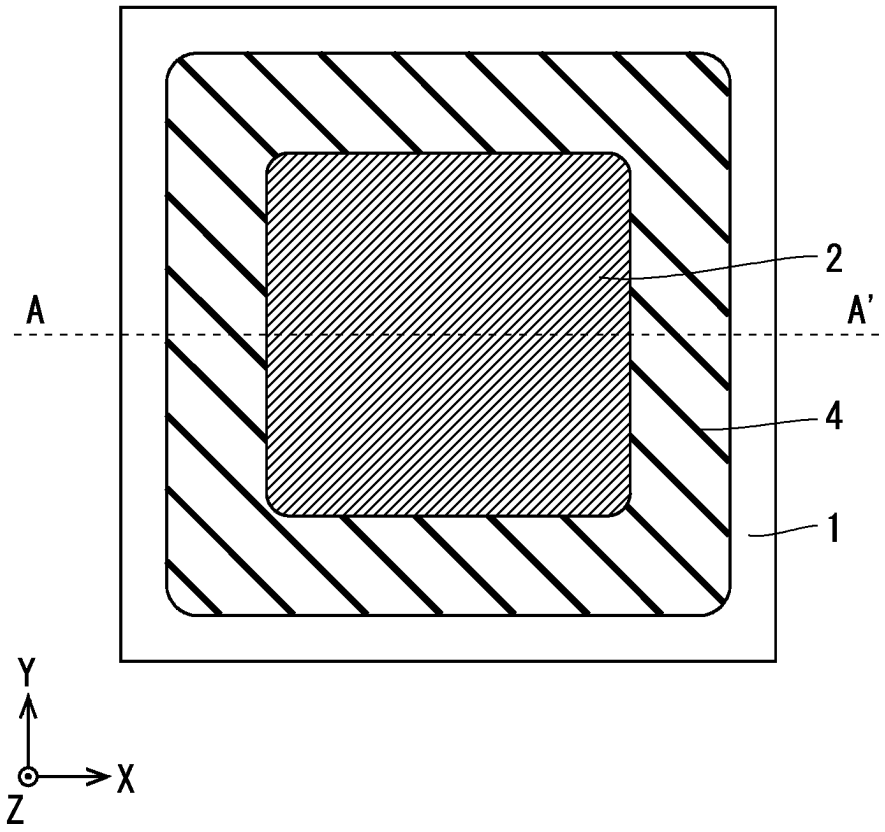


FIG. 2

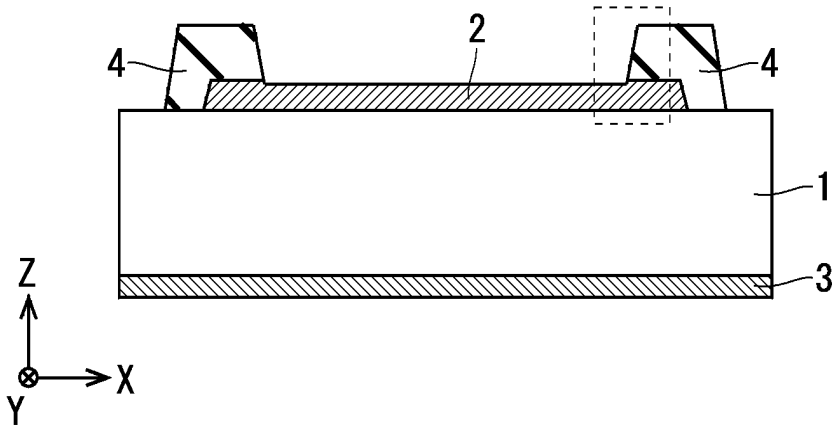


FIG. 3

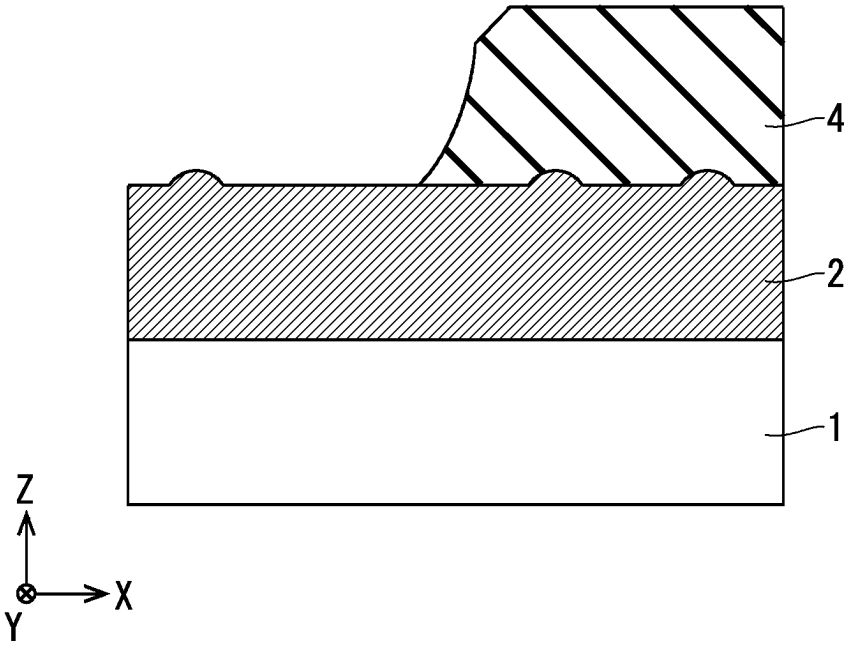


FIG. 4

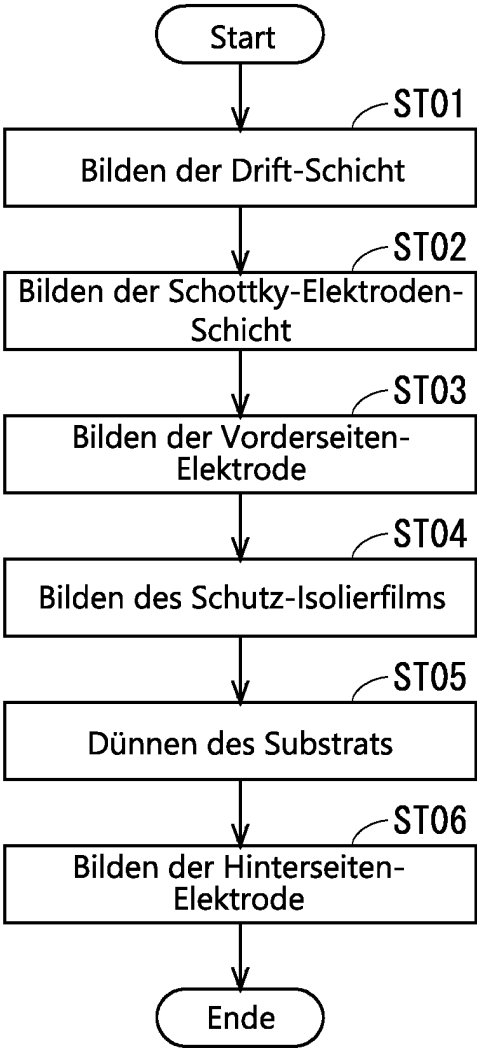

Start
ST01
Bilden der Drift-Schicht
ST02
Bilden der Schottky-Elektroden-Schicht
ST03
Bilden der Vorderseiten-Elektrode
ST04
Bilden des Schutz-Isolierfilms
ST05
Dünnen des Substrats
ST06
Bilden der Hinterseiten-Elektrode
Ende

FIG. 5

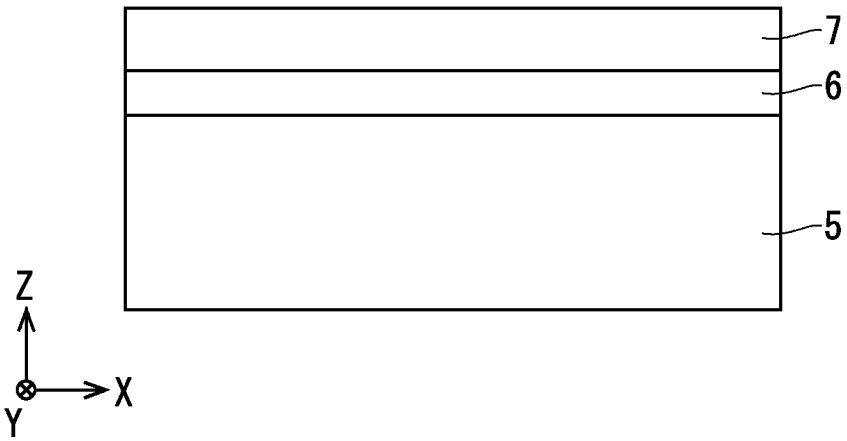


FIG. 6

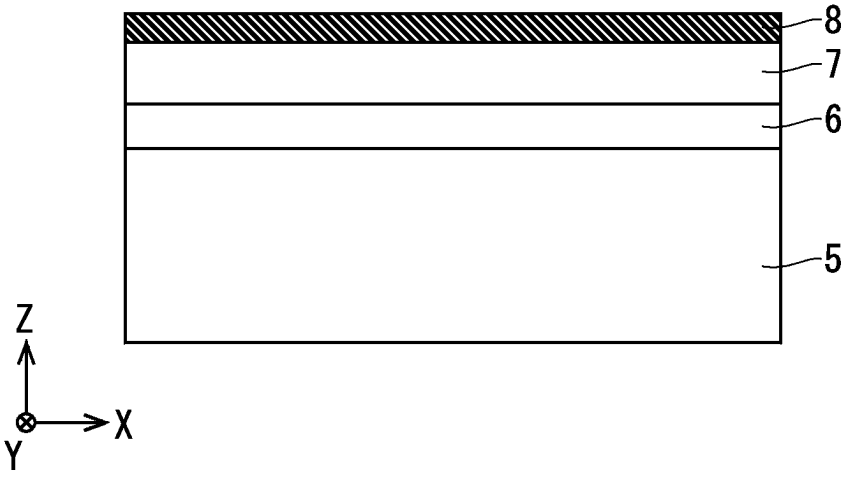


FIG. 7

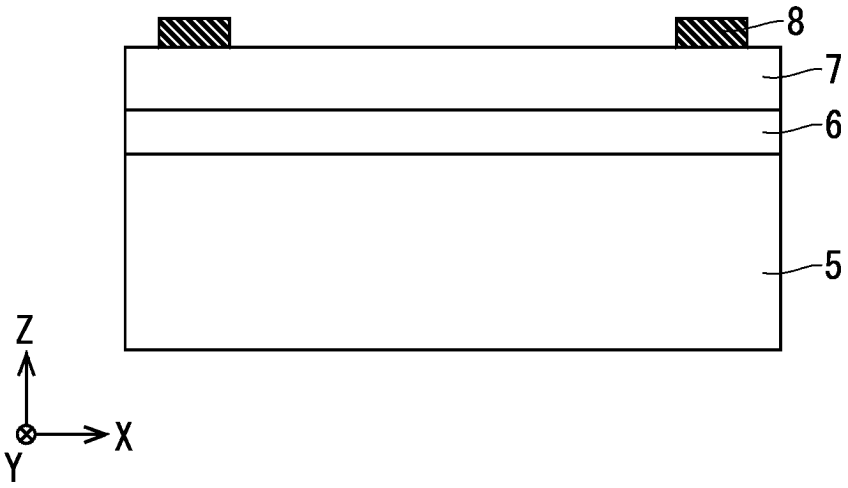


FIG. 8

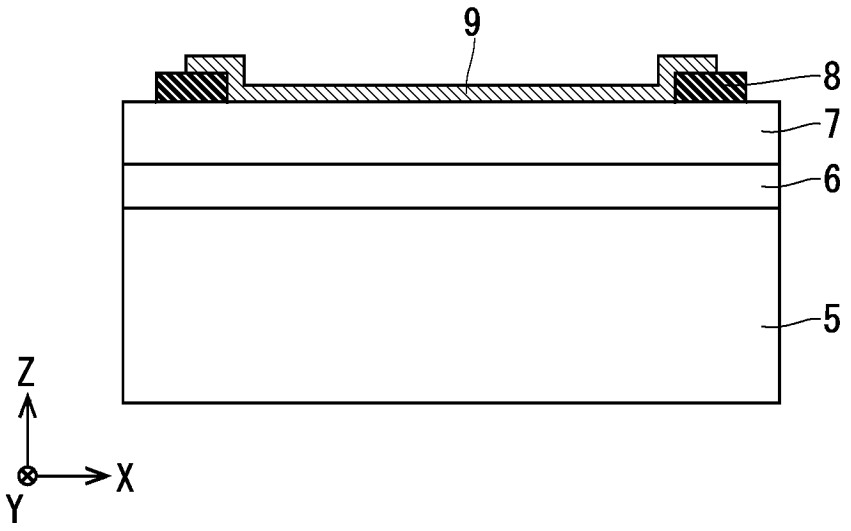


FIG. 9

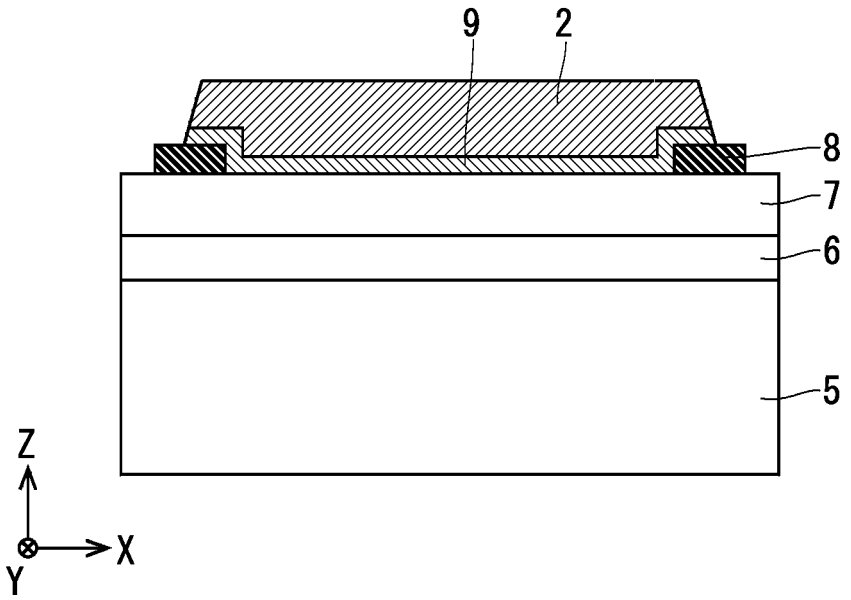


FIG. 10

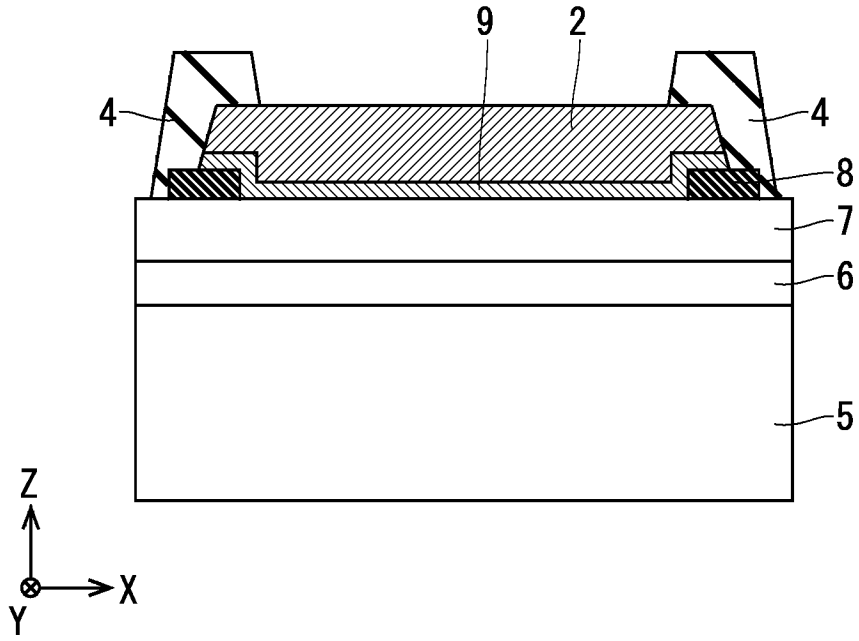


FIG. 11

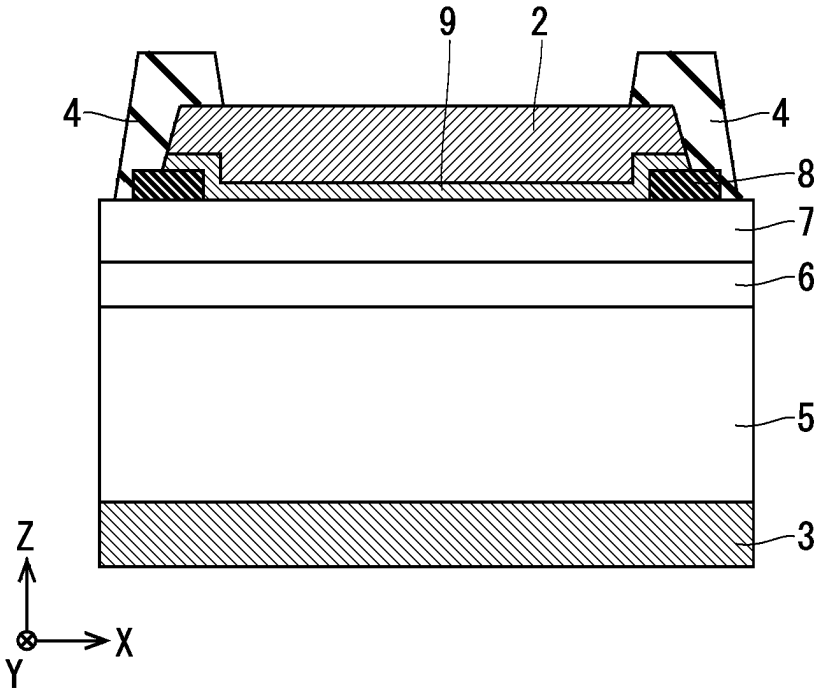


FIG. 12

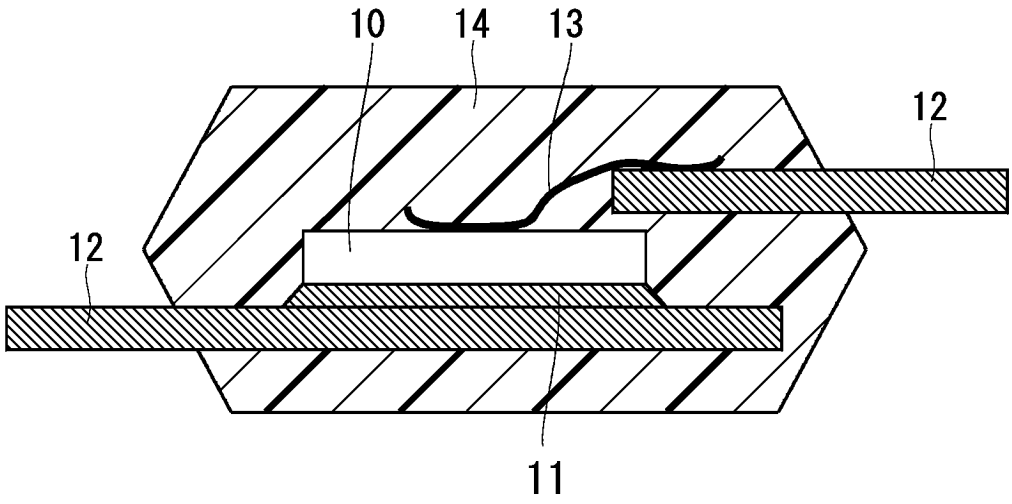


FIG. 13

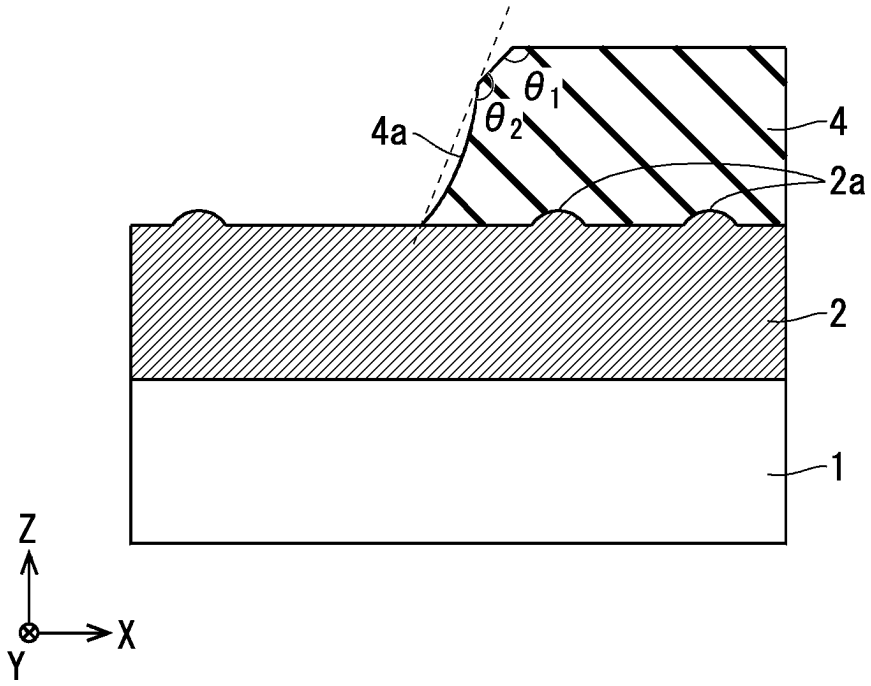


FIG. 14

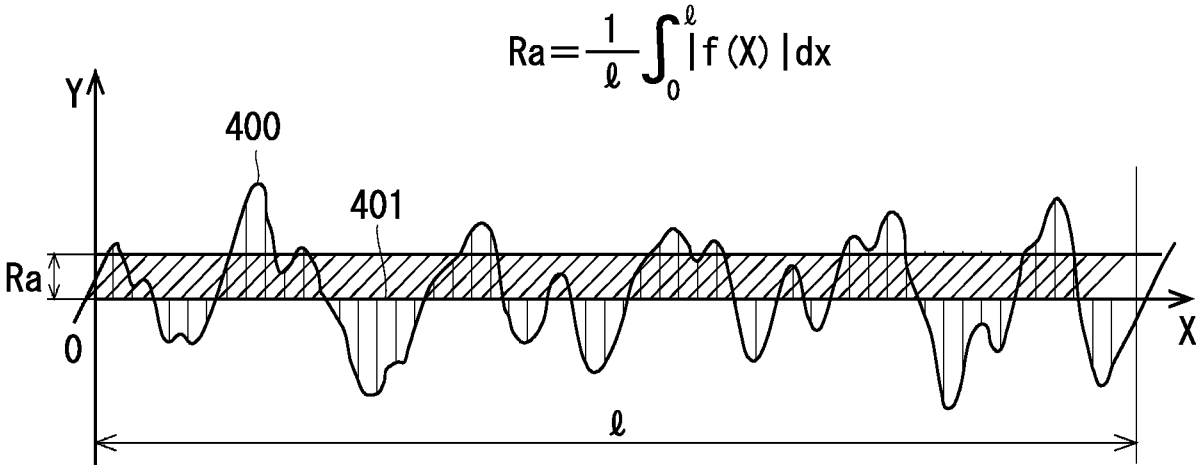


FIG. 15

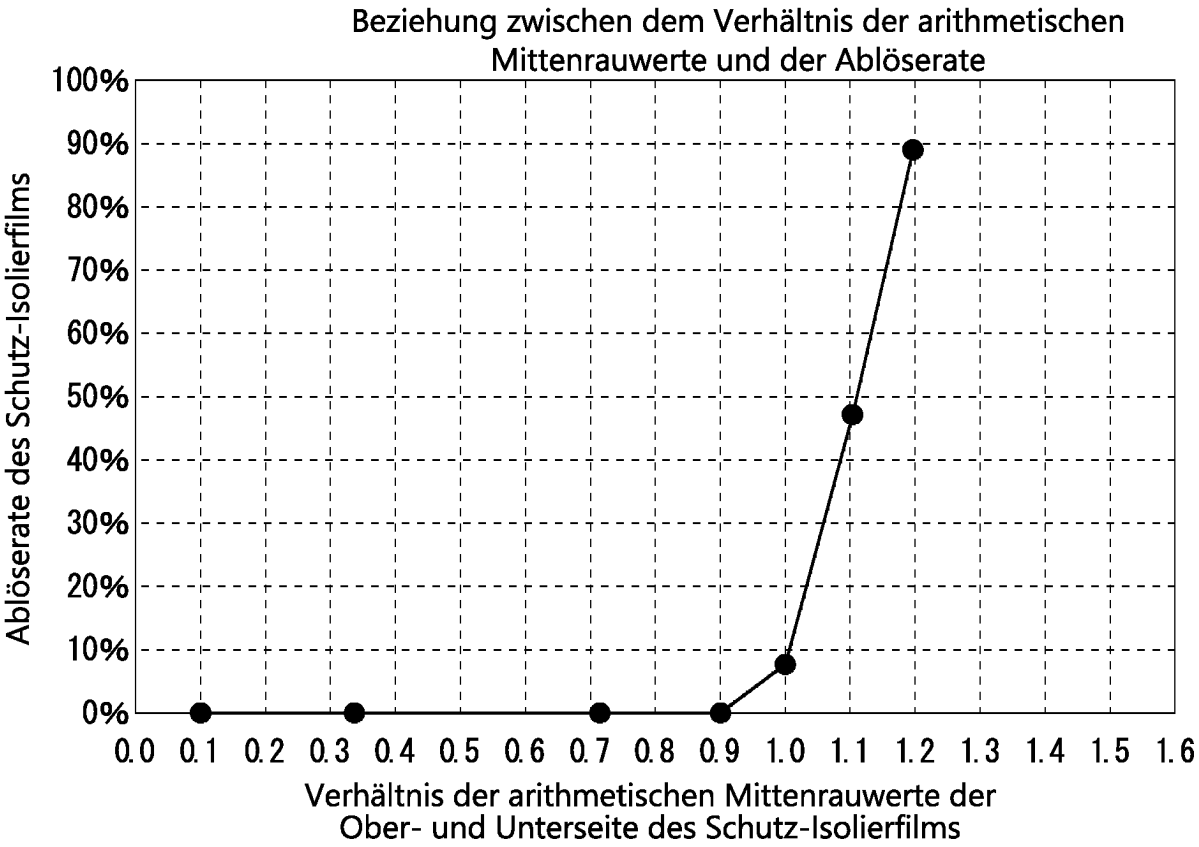

Beziehung zwischen dem Verhältnis der arithmetischen Mittenrauwerte und der Ablöserate
Ablöserate des Schutz-Isolierfilms
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6
Verhältnis der arithmetischen Mittenrauwerte der Ober- und Unterseite des Schutz-Isolierfilms

FIG. 16

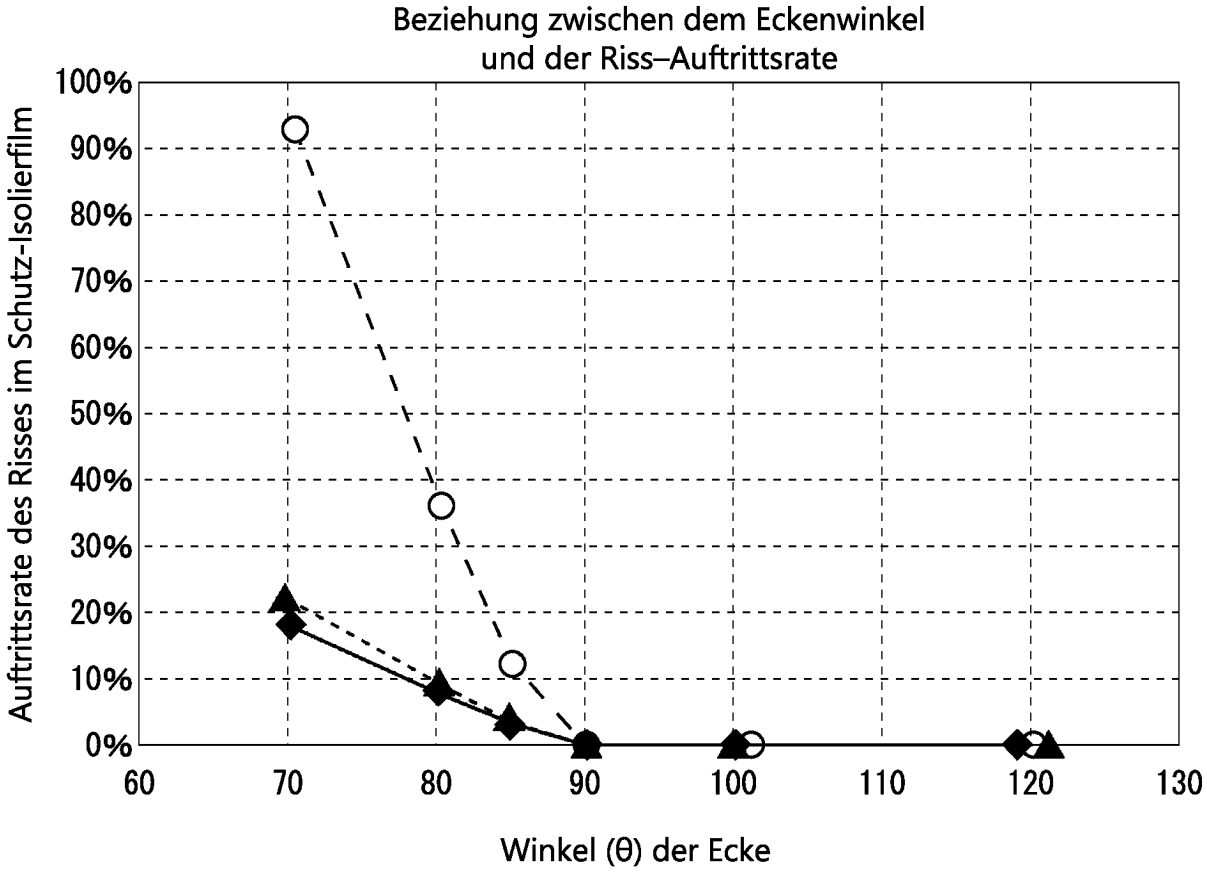

Beziehung zwischen dem Eckenwinkel
und der Riss–Auftrittsrate
Auftrittsrate des Risses im Schutz-Isolierfilm
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
60
70
80
90
100
110
120
130
Winkel (θ) der Ecke

FIG. 17

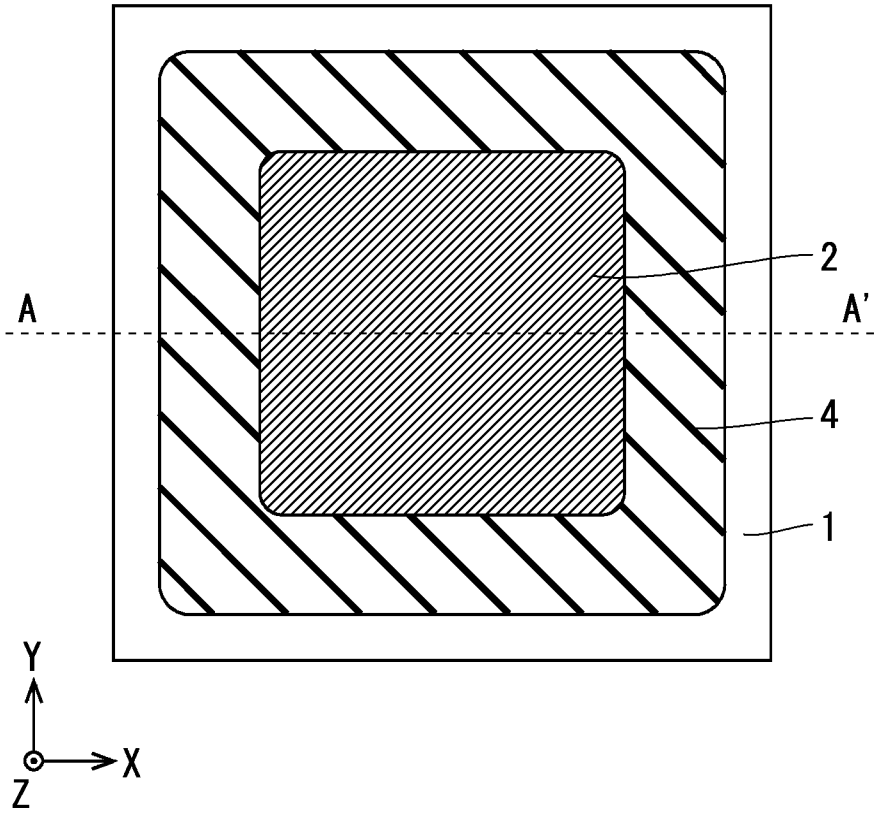


FIG. 18

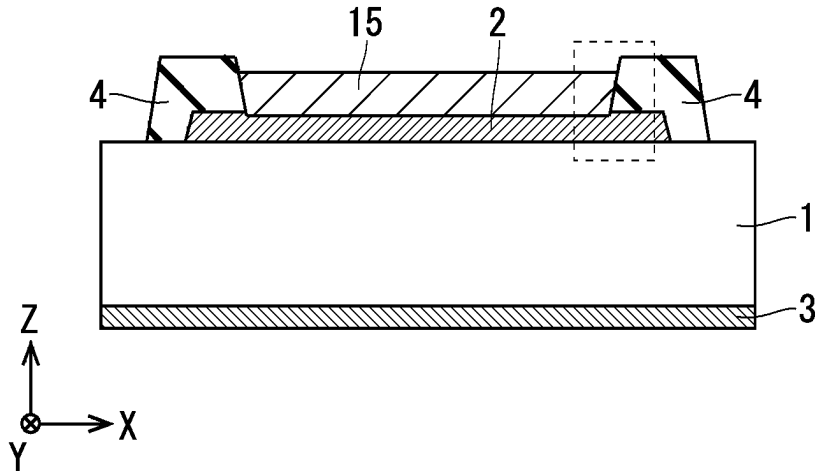


FIG. 19

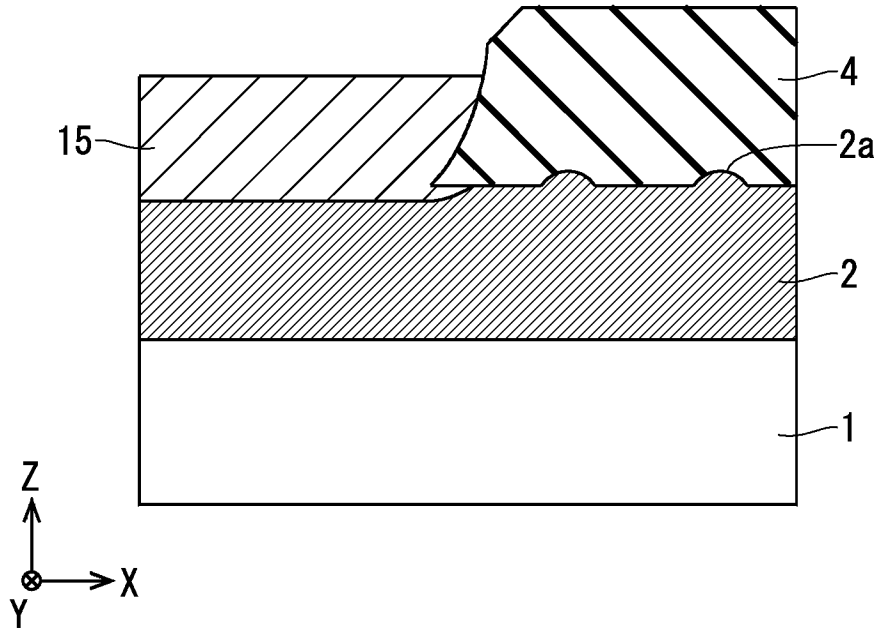


FIG. 20

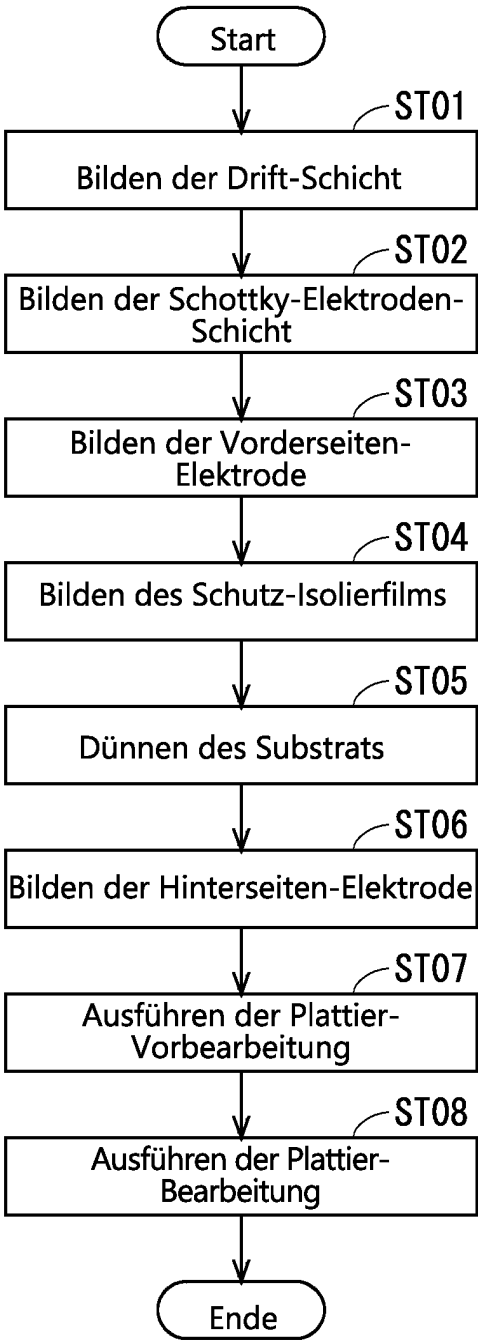

Start
ST01
Bilden der Drift-Schicht
ST02
Bilden der Schottky-Elektroden-Schicht
ST03
Bilden der Vorderseiten-Elektrode
ST04
Bilden des Schutz-Isolierfilms
ST05
Dünnen des Substrats
ST06
Bilden der Hinterseiten-Elektrode
ST07
Ausführen der Plattier-Vorbearbeitung
ST08
Ausführen der Plattier-Bearbeitung
Ende

FIG. 21

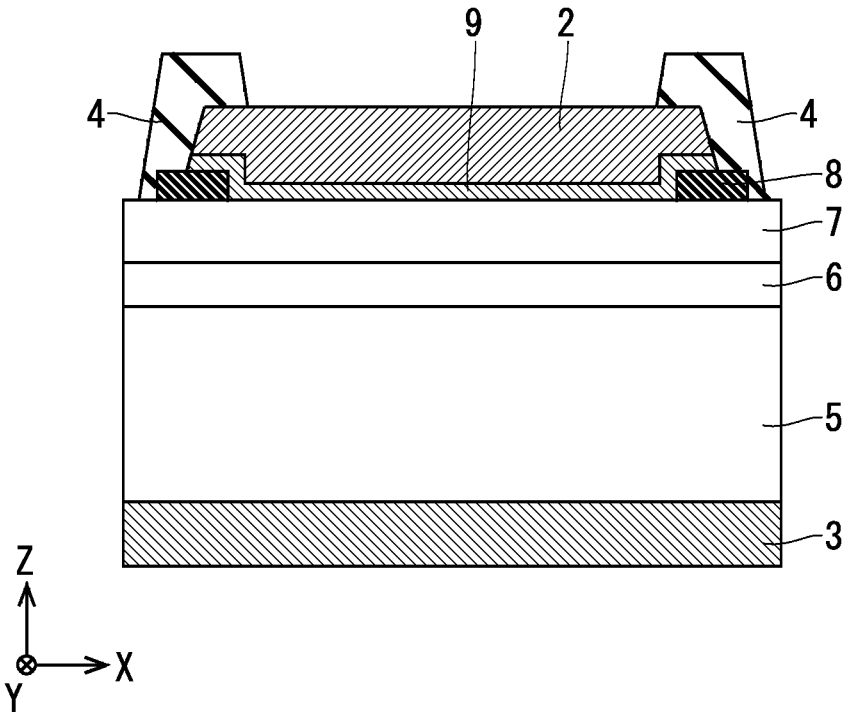


FIG. 22

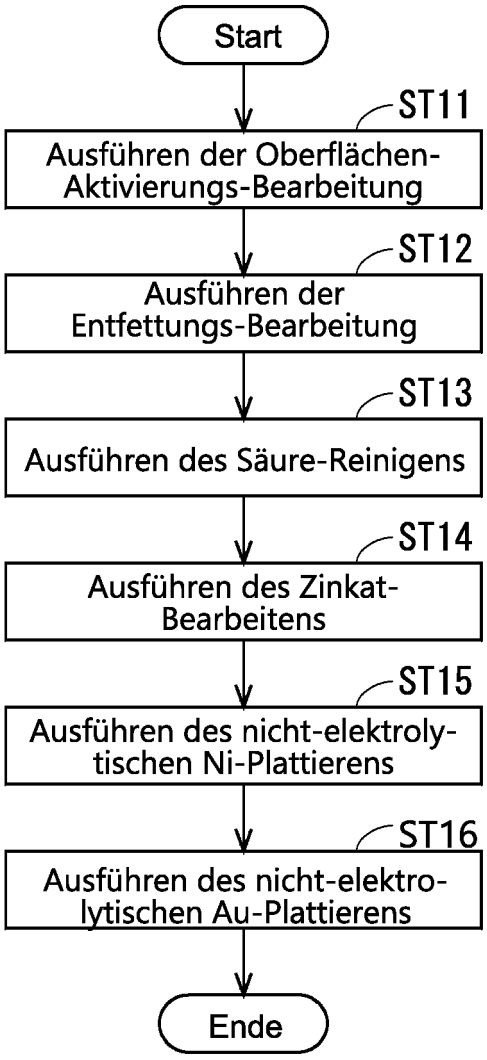

Start
ST11
Ausführen der Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeitung
ST12
Ausführen der Entfettungs-Bearbeitung
ST13
Ausführen des Säure-Reinigens
ST14
Ausführen des Zinkat-Bearbeitens
ST15
Ausführen des nicht-elektrolytischen Ni-Plattierens
ST16
Ausführen des nicht-elektrolytischen Au-Plattierens
Ende

FIG. 23

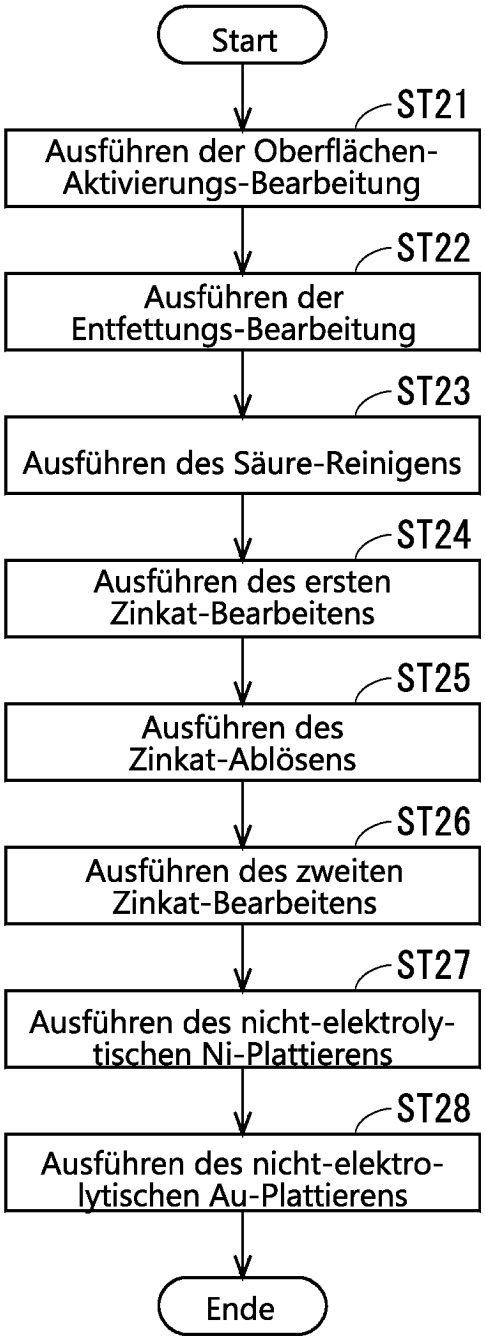

Start
ST21
Ausführen der Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeitung
ST22
Ausführen der Entfettungs-Bearbeitung
ST23
Ausführen des Säure-Reinigens
ST24
Ausführen des ersten Zinkat-Bearbeitens
ST25
Ausführen des Zinkat-Ablösens
ST26
Ausführen des zweiten Zinkat-Bearbeitens
ST27
Ausführen des nicht-elektrolytischen Ni-Plattierens
ST28
Ausführen des nicht-elektrolytischen Au-Plattierens
Ende

FIG. 24

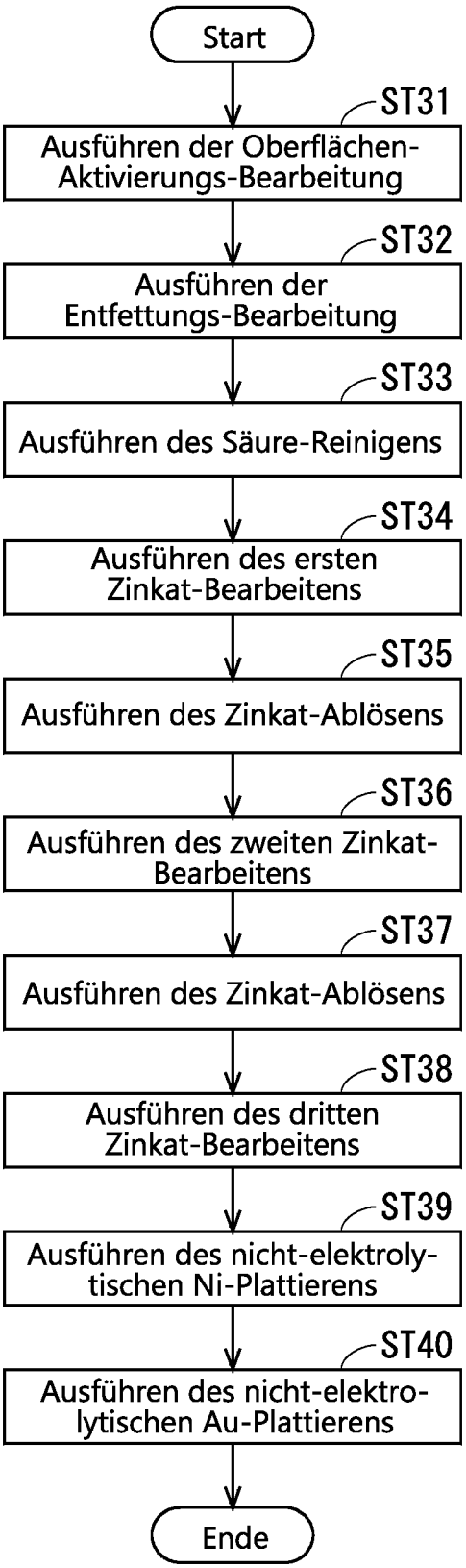

Start
ST31
Ausführen der Oberflächen-Aktivierungs-Bearbeitung
ST32
Ausführen der Entfettungs-Bearbeitung
ST33
Ausführen des Säure-Reinigens
ST34
Ausführen des ersten Zinkat-Bearbeitens
ST35
Ausführen des Zinkat-Ablösens
ST36
Ausführen des zweiten Zinkat-Bearbeitens
ST37
Ausführen des Zinkat-Ablösens
ST38
Ausführen des dritten Zinkat-Bearbeitens
ST39
Ausführen des nicht-elektrolytischen Ni-Plattierens
ST40
Ausführen des nicht-elektrolytischen Au-Plattierens
Ende

FIG. 25

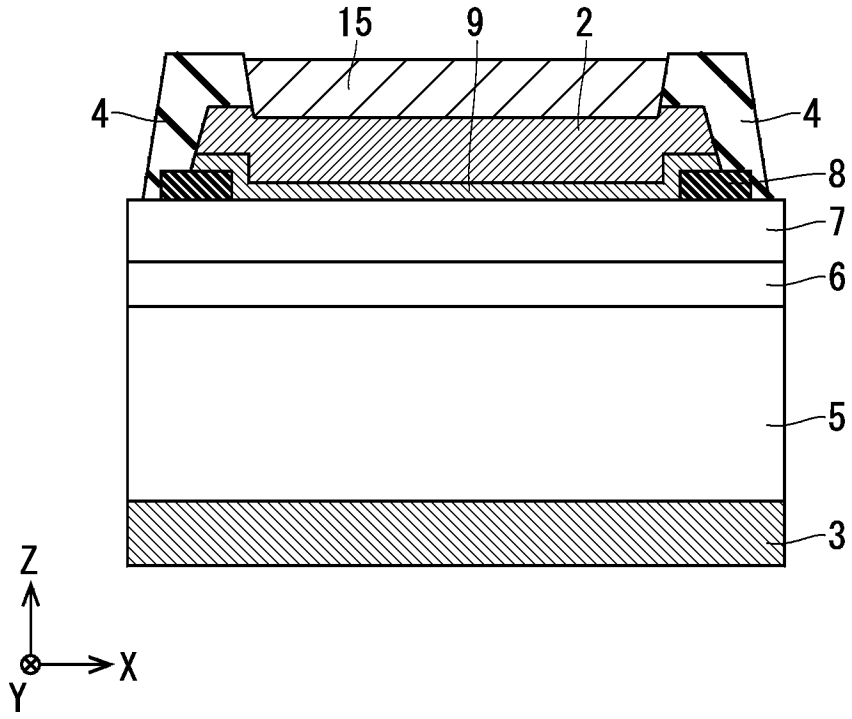


FIG. 26

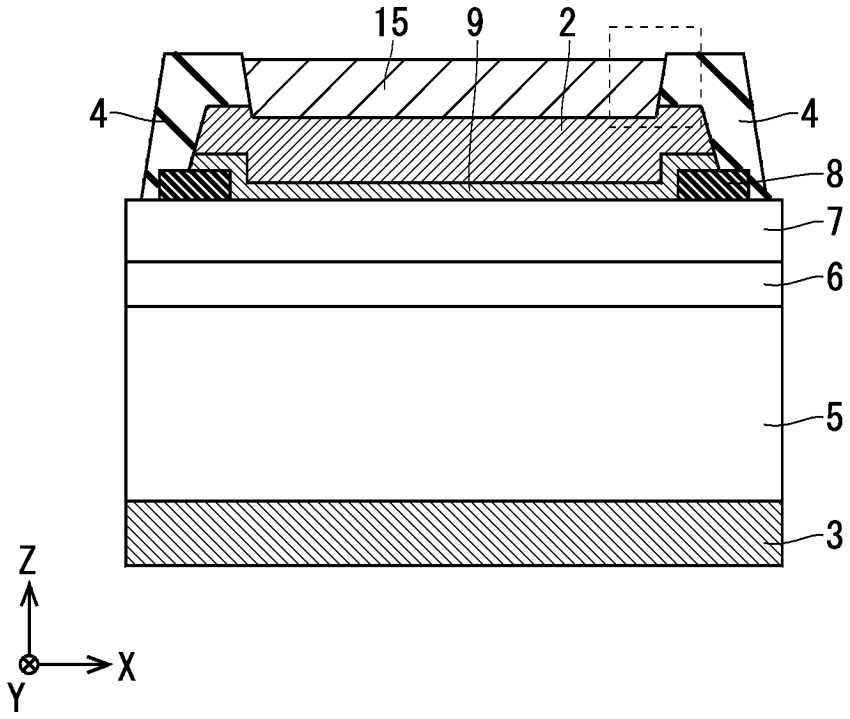


FIG. 27

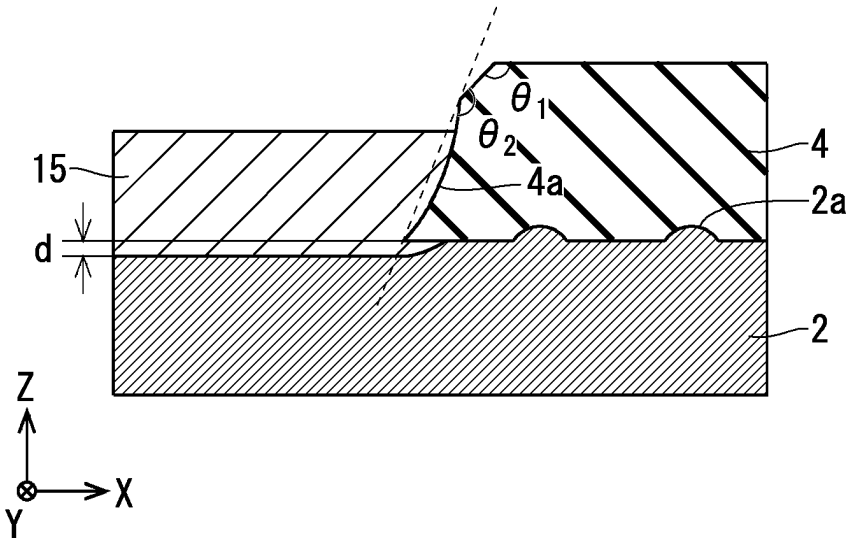


FIG. 28

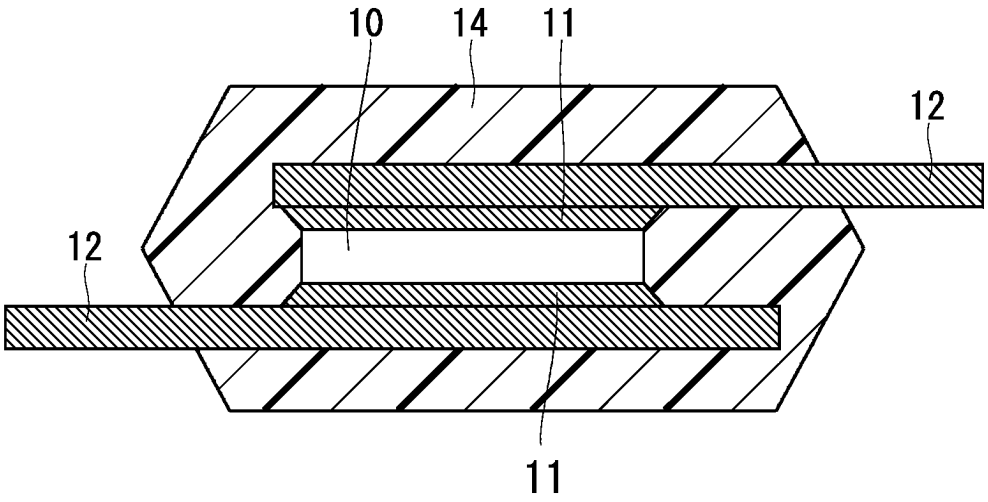


FIG. 29

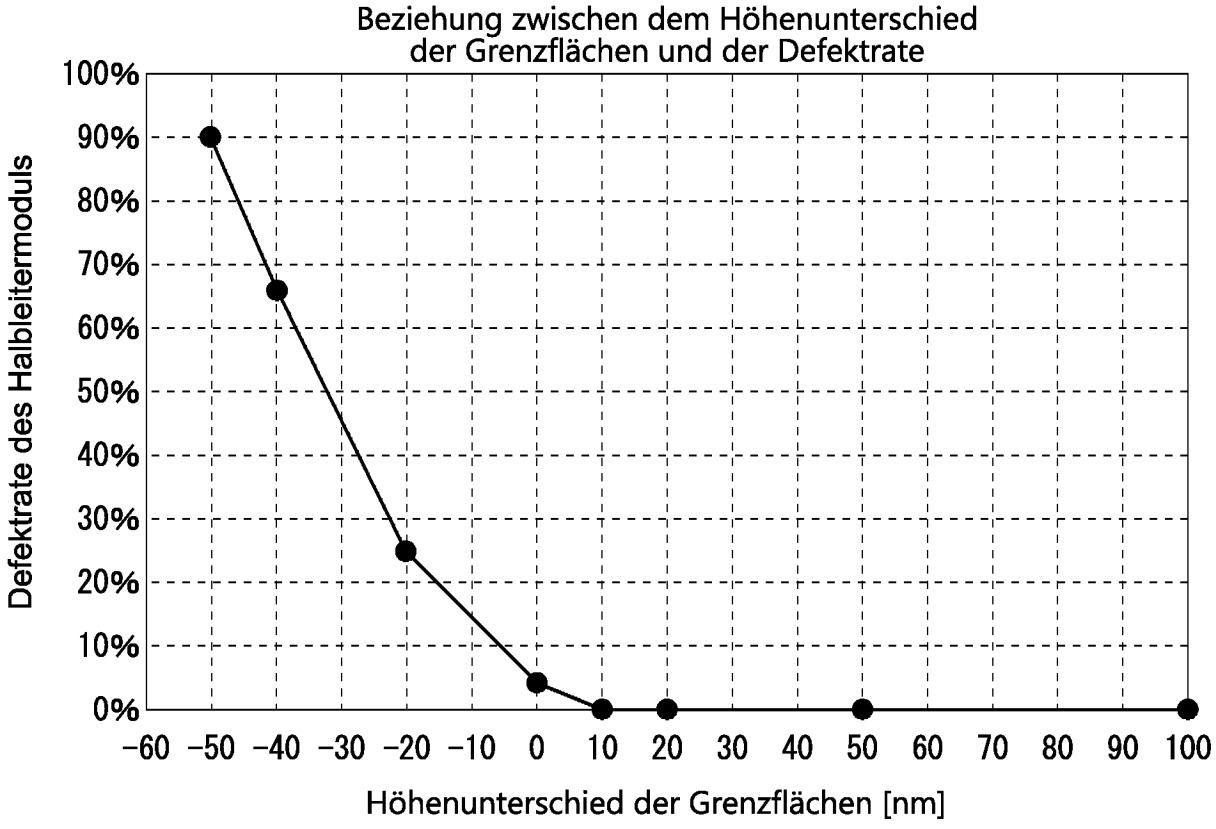

Beziehung zwischen dem Höhenunterschied der Grenzflächen und der Defektrate
Defektrate des Halbleitermoduls
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
−60 −50 −40 −30 −20 −10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Höhenunterschied der Grenzflächen [nm]

FIG. 30

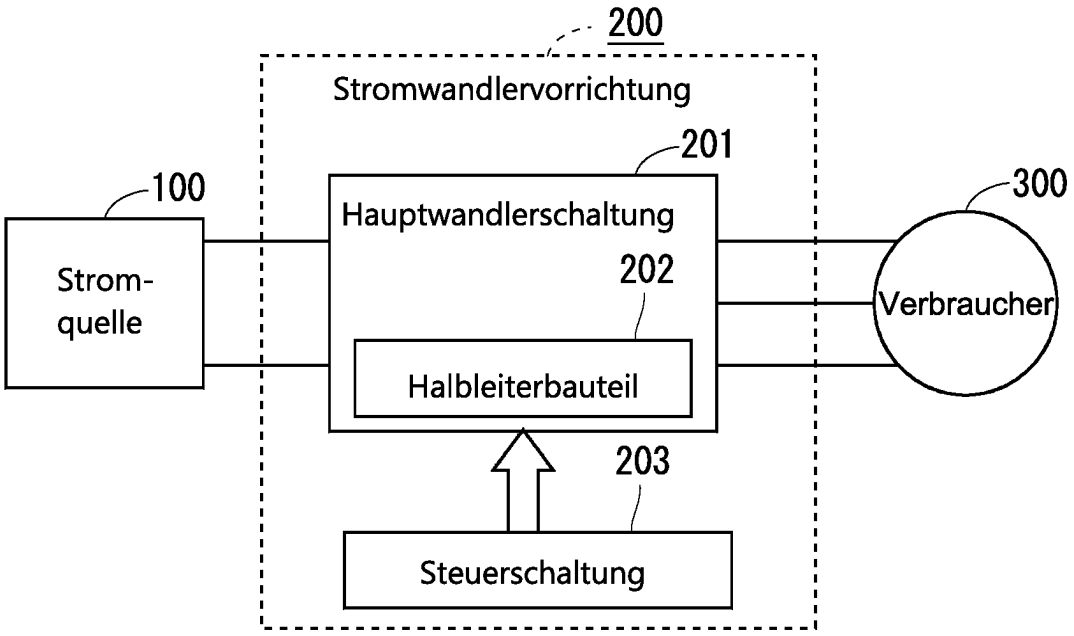

200
Stromwandlervorrichtung
201
100
Hauptwandlerschaltung
300
Strom-
quelle
202
Verbraucher
Halbleiterbauteil
203
Steuerschaltung

FIG. 31

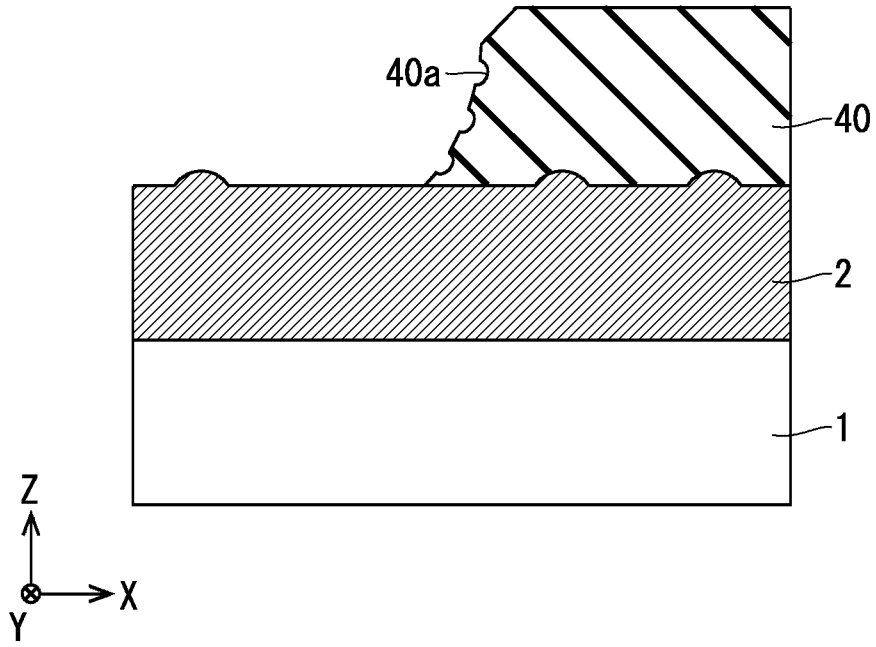


FIG. 32

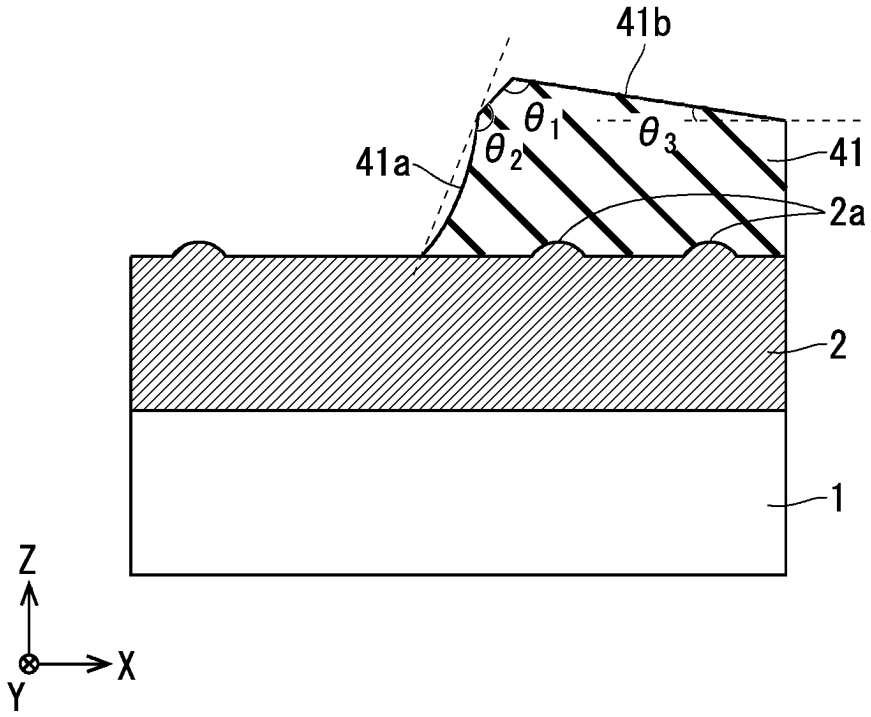
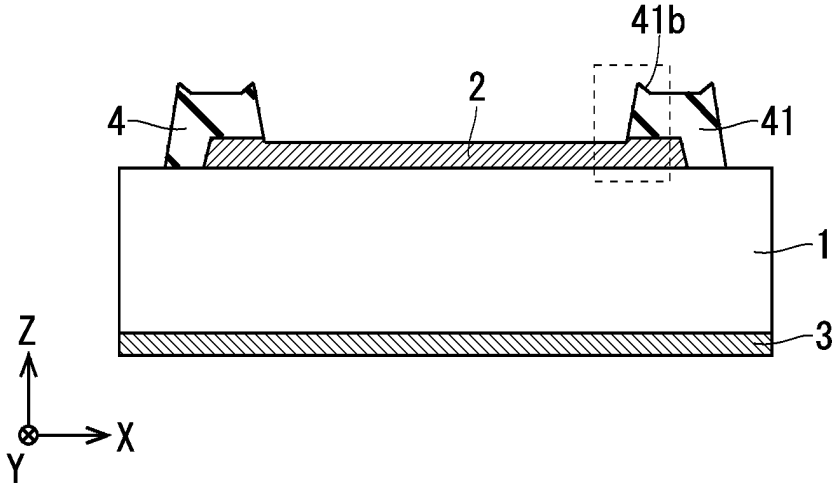


FIG. 33



 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.